



EESTI MAAÜLIKOOL  
Majandus- ja sotsiaalinstituut

**Helen Puusalu**

**OÜ LÕUNAPIIM TOOTMISTULEMUSTE MUUTUS  
ROBOTLÜPSITEHNOLOOGIALE ÜLEMINEKUL**

**THE EFFECT OF AUTOMATIC MILKING ON THE  
PRODUCTION RESULTS OF LÕUNAPIIM OÜ**

Magistritöö  
Majandusarvestuse ja finantsjuhtimise õppekava

Juhendaja: lektor Katri Kall, *MSc*

Tartu 2018

# LÜHIKOKKUVÕTE

Eesti Maaülikool		Magistritöö lühikokkuvõte	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Autor: Helen Puusalu		Õppekava:	
		Majandusarvestus ja finantsjuhtimine	
Pealkiri: OÜ Lõunapiim tootmistulemuste muutus robotlõpsitehnoloogiale üleminekul			
Lehekülgi: 70	Jooniseid: 15	Tabeleid: 9	Lisasid: 10
Osakond: Majandus- ja sotsiaalinstituut, agraarökonomika ja turunduse osakond			
Uurimisvaldkond: Põllumajandusökonomika (S187)			
Juhendaja(d): Katri Kall			
Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu 2018			
<p>Kaasnevalt loomade vabapidamisega ja tööjõu leidmise probleemidega minnakse piimatootmisettevõtetes üha sagedamini üle automaatlõpsi- ehk robotlõpsisüsteemidele. Kuigi varasemates uuringutes on käsitletud robotlõpsisüsteemiga ettevõtteid, pole neis põhjalikult analüüsitud üleminekuajaperioodi jooksul toimuvaid muutusi ettevõtte näitajates.</p> <p>Magistritöö eesmärk on selgitada välja torusselõpsisüsteemilt robotlõpsisüsteemile üleminekuga kaasnevat mõju piimatoodangule, karja tervisele ja ettevõtte tootmistulemustele OÜ Lõunapiim andmetel. Välja on toodud lehmade keskmised piimatoodangu ja piima kvaliteedinäitajate andmed enne lõpsisüsteemi vahetust, ülemineku perioodil ning pärast robotlõpsisüsteemile üleminekut. Analüüsitud on ka tootlikkuse näitajaid ning tehnoloogia muutusega eeldatavasti muutuvaid kulusid lehma kohta.</p> <p>Lehmade uue süsteemiga lauta viimine tõi analüüsitud ettevõttes kaasa loomade haigestumise ning praakpiima hulga suurenemise. Lõpsisüsteemi vahetusega kaasnes esialgu piimatoodangu langus, mis kohanemisperioodi lõppedes asendus toodangu tõusuga. Tavalõpsisüsteemilt, kus lehma lüpsiti päevas kaks korda, üle minnes suurenes ka lõpsisagedus keskmiselt 2,4 lõpsini päevas. Eduka ümberkorralduse tulemusena vähenes töötajate arv ja tööjõule tehtavad kulud, müügitulu ja piimatoodang töötaja kohta tõusis. Arvestada tuleb, et automaatse lõpsisüsteemi kasutamine toob kaasa ka suurenenud kulusid, näiteks elektrikulud.</p>			
Märksõnad: robotlõpsisüsteem, piimakari, kulud, tootlikkus			

# ABSTRACT

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Master's Thesis	
Author: Helen Puusalu		Speciality: Accounting and Financial Management	
Title: The effect of automatic milking on the production results of Lõunapiim OÜ			
Pages: 70	Figures: 15	Tables: 9	Appendixes: 10
Department: Institute of Economics and Social Sciences, Department of Agrarian Economics and Marketing Field of research: Agricultural economics (S187) Supervisors: Katri Kall Place and date: Tartu 2018			
<p>Farms use automatic milking systems increasingly. Reasons for that are usually either the loose housing of cows or difficulties to find suitable labour in the region. There are several studies about automatic milking, but they do not usually reflect changes occurring during transition period in so detailed manner.</p> <p>The objective of this Master's Thesis is to analyse the effect of transition from pipeline milking system to robotic milking in OÜ Lõunapiim. Average milk yield and milk quality data from the period before the change of milking system, data from the transition period and from the full adaptation to robotic milking was used. The herd health and culling of cows was also analysed. Average revenue from selling milk per cow and labour productivity was calculated based on accounting data.</p> <p>As a result of transition to new milking system the somatic cells count and the share of wasted milk increased. During the transition period to robotic milking the average milk production per cow decreased, but after adaptation period raised again. Milking frequency increased to 2,4 milking per day in comparison to conventional milking system, where the cows were milked twice a day. In the case of successful transition, the number of workers and labour costs should be decreasing with robotic milking. As a result of that milk production per worker and milk revenues per worker increase. As expected, the electricity costs raised with transition to automatic milking system.</p>			
Keywords: automatic milking system, dairy farming, costs, productivity			

# SISUKORD

LÜHIKOKKUVÕTE .....	2
ABSTRACT .....	3
SISSEJUHATUS.....	6
1. ROBOTLÜPSISÜSTEEMI TEHNOLOOGIA NING SELLE SÜSTEEMI EFEKTIIVSUS .....	8
1.1. Robotlüpsisüsteem kui lüpsitehnoloogia.....	8
1.1.1. Ülevaade robotlüpsisüsteemidest .....	8
1.1.2. Põhjused automaatsele lüpsisüsteemile üleminekuks .....	11
1.2. Automaatse lüpsisüsteemi mõju lehmadele ja piima näitajatele .....	13
1.2.1. Robotlüpsisüsteemile ülemineku mõju piimatoodangule.....	13
1.2.2. Piima koostis .....	16
1.2.3. Automaatse lüpsisüsteemiga laudas peetavate lehmade tervis.....	17
1.3. Automaatse lüpsisüsteemi mõju ettevõtte efektiivsusele .....	20
1.3.1. Põllumajandusettevõtte kulude olemus ja tootmise efektiivsuse hindamine.....	20
1.3.2. Tööjõukulud robotlüpsisüsteemiga ettevõttes .....	22
1.3.3. Automaatse lüpsisüsteemi tööjõudlus .....	24
1.3.4. Automaatse lüpsisüsteemi tasuvust kujundavad tegurid .....	25
2. TORUSSELÜPSILT ROBOTLÜPSISÜSTEEMILE ÜLEMINEK OÜ LÕUNAPIIM NÄITEL	28
2.1. Andmed ja metoodika .....	28
2.2. Lüpsisüsteemi vahetus OÜ Lõunapiim .....	30
2.2.1. Ettevõtte OÜ Lõunapiim tutvustus.....	30
2.2.2. Torusselüpsisüsteemilt üleminekul automaatsele lüpsisüsteemile .....	31
2.4. Piimatoodang robotlüpsisüsteemile üleminekul ja ülemineku järgselt .....	34
2.4.1. Veiste piimakus karja keskmisena .....	34
2.4.2. Piima rasva- ja valgusisaldus automaatsele lüpsisüsteemile üleminekul .....	39
2.5. Loomade tervis robotlüpsisüsteemile üleminekul.....	40
2.5.1. Piima somaatiliste rakkude arvu ning karbamiidi sisalduse muutus .....	40
2.5.2. Veiste väljalangemine .....	43
2.6. Robotlüpsisüsteemi tootlikkus .....	45
2.6.1. Robotlüpsisüsteemi hõivatus ja lüpsikordade arv .....	45
2.6.2. Prakeeritud piim ja loomade raviga seotud kulud .....	47
2.6.3. Kulud süsteemi hooldamisel .....	49
2.6.4. Koondülevaade töö tulemustest .....	52
KOKKUVÕTE.....	54

KASUTATUD KIRJANDUS .....	56
LISAD .....	59
Lisa 1. Lüksirobotite iseloomustus.....	60
Lisa 2. Piimatoodangu T-test .....	61
Lisa 3. Piima rasvasisalduse t-test.....	62
Lisa 4. Kuremäe lauda keskmise piimatoodangu ja piima rasvasisalduse korrelatsioon .....	63
Lisa 5. Piima valgusisalduse t-test .....	64
Lisa 6. Korrelatsioon Kuremäe lauda keskmise piimatoodangu ja piima valgusisalduse vahel ..	65
Lisa 7. Piima somaatiliste rakkuse arvu t-test .....	66
Lisa 8. Piima karbamiidi sisalduse t-test .....	67
Lisa 9. Piimatoodangu ning lüpsisageduse t-test.....	68
Lisa 10. Piimatoodangu ja lüpsisageduse vaheline korrelatsioon .....	69
Lihtlitsents.....	70

## SISSEJUHATUS

Piimandussektoris on muutuste aeg. 2015. aastal loobus Euroopa Liit piimakvootidest ning paljud piimatootjad plaanisid seetõttu tootmist suurendada. Venemaa kehtestatud piima impordikeelust ning sellega kaasnevast piima kokkuostuhinna langusest tulenevalt olid aga ettevõtjad olukorras, kus kulusid tuli piirata või isegi karja vähendada. Ka lahendusena tundunud Hiina turg oli languses. Aastal 2016 kujunenud olukorda võis nimetada juba kriisiks. Piima hind oli viimaste aastate madalaim, piimakarju likvideeriti ja lehmade arv Eestis vähenes. Kuigi 2017. aastal hakkas piimahind tõusma, on olukord sektoris jätkuvalt keeruline. Keskmine piimatoodang lehma kohta on küll järjest kasvanud, kuid suurenevad ka tööjõukulud ning ettevõtete tootlikkus ei kasva samas tempos. 2018. aastal on Eesti piimaturg olnud volatiilne ehk piimatootja sissetulekud on ebastabiilsed. Piirkondades, kus tööjõu leidmine on probleemiks või on teisi kaalutlusi tehnoloogiate kaasajastamiseks, on ettevõtted sageli läinud üle automaatsetele ehk robotlüpsisüsteemidele või kaaluvad seda valikut.

Magistritöös analüüsitav ettevõtte OÜ Lõunapiim alustas robotlüpsisüsteemile üleminekut 2014. aastal ning magistritöö koostamise ajal on võimalik hinnata muutuste tulemuslikkust. Ettevõtte üheks ajendiks süsteemi muutmisel oli asjaolu, et tegutsetakse mahetootjana ning varasem laut oli lõaspidamisega. Robotlüpsisüsteemi kasutuselevõtt tundub esmapilgul vähendavat tööjõukulusid, samas on investeeringuvajadus suur.

Käesoleva magistritöö eesmärk on selgitada välja OÜ Lõunapiim torusselüpsisüsteemilt robotlüpsisüsteemile üleminekuga kaasnevaid muutuseid piimatoodangus, karja tervises, ettevõtte tootlikkuse näitajates.

Magistritöö eesmärgi saavutamiseks on püstitatud järgmised uurimisülesanded:

- anda ülevaade robotlüpsisüsteemile ülemineku mõjust karjale ja piima kvaliteedi näitajatele kirjandusallikate põhjal;
- tuua välja teiste riikide kogemus automaatsele lüpsisüsteemile üleminekuga kaasnevatest mõjudest ettevõtte majandustegevuse eri aspektidele;
- analüüsida robotlüpsisüsteemile ülemineku mõjusid OÜ Lõunapiim tootmis- ja majandusnäitajatele.

Magistritöös analüüsitakse OÜ Lõunapiim piimakarja andmeid torusselüpsiga laudas, robotlүpsisүsteemile ülemineku perioodi esimese kuue kuu jooksul ning olukorda aastatel 2016-2018.

Magistritöö koosneb kahest peatükist. Esimeses antakse teadusartiklite baasil ülevaade robotlүpsisүsteemidest ning lүpsisүsteemi vahetusega kaasnevatest mõjudest lehmade tervisele ja toodangu tasemele. Samuti on välja toodud kirjanduses käsitletud muutused tööjõuvajaduses ja tootmiskuludes. Käsitletud artiklites toodi automaatse lүpsisүsteemi võrdlusena välja „tavaline“ lүpsisүsteem, täpsustamata, millist süsteemi mõeldakse. Töö autoril tuleb eeldada, et siia alla kuuluvad kõik erinevad tehnoloogiad, kus lүpsmine toimub inimese (lүpsja) kaasabil, kuid praktikas tähendab see Lääne-Euroopa, USA jt arenenud piirkondade riikide puhul tõenäoliselt erinevaid platsilүpsisүsteeme.

Magistritöö teises osas tuuakse välja OÜ Lõunapiim lүpsisүsteemi vahetusega kaasnenud muutused piimatoodangus ja teistes piimafarmi tootmise tulemuslikkust iseloomustavates näitajates. Kui üleminekul on võimalik saavutada kõrgemad tootlikkuse näitajad, võib öelda, et robotlүpsisүsteemiga lüpsmine on efektiivsem. Lisaks tootlikkusele on oluline ka lehmade karjaspüsimine ning nende tervis, et tootmistegevus oleks jätkusuutlik pikema aja jooksul.

# **1. ROBOTLÜPSISÜSTEEMI TEHNOLOOGIA NING SELLE SÜSTEEMI EFEKTIIVSUS**

## **1.1. Robotlüpsisüsteem kui lüpsitehnoloogia**

### **1.1.1. Ülevaade robotlüpsisüsteemidest**

Piimandussektori soov toodangut ja kasumit maksimeerida on viinud uute lähenemisteni, sealhulgas üleminekule automaatsele lüpsisüsteemile (Jacobs, Siegford 2012: 2227). Selline süsteem erineb märgatavalt tavalistest lüpsisüsteemidest, sest lüpsiprotsess on täielikult automatiseeritud. Lehmad saavad lüpsmas käia siis kui soovivad ning seda ilma lüpsja osavõtuta (Laurs jt 2010: 101). Tavalüpsisüsteemi all mõeldakse kõiki lüpsja osavõtul tehtavaid lüpsse nagu näiteks torusselüps.

Lüpsirobotid said alguse Hollandist, kus 1980ndatel arendati välja täielikult automatiseeritud lüpsisüsteem. Tootmisse pandi esimene robotlüpsisüsteem Hollandis aastal 1992 (Hyde jt 2007: 369). See oli Lely Industries poolt toodetud Lely Astronaut (Winnicki jt 2010: 85). Aastal 2005 töötas see süsteem ikka, kuigi enamus tark- ja riistvarast on aja jooksul uuendatud või asendatud (Hyde jt 2007: 369).

Robotlüpsisüsteemi kasutavate piimafarmide arv on kasvanud kiiresti, eriti Euroopa loodeosas (Steeneveld jt 2012: 7391). Esimene lüpsirobot võeti Hispaanias kasutusele märtsis 2000 (Castro jt 2012: 929), Lätis aastal 2007 (Laurs jt 2009: 351). 2009. aasta lõpul oli maailmas üle 8 000 farmi, kus lüpsiti lüpsirobotiga (Dohmen jt 2010: 4019). Aastaks 2010 oli Hollandis lüpsiroboteid juba ligi 2 000 ehk 10% farmidest oli robotlüpsisüsteem ning see number jätkab kasvamist (Steeneveld jt 2012: 7391). Lisaks Euroopale on lüpsirobotid populaarsed ka mujal maailmas, näiteks Jaapanis, Iisraelis ja Kanadas (Hyde jt 2007: 369). Raske on määrata, palju on tegelikult praeguseks lüpsiroboteid üle maailma kasutusel, kuid nendest on saanud järjest arvukamalt kasutatav tootmisvahend, iseäranis Põhja-Euroopas (Holloway jt 2014: 133).



Lisaks intensiivtootmisega piimafarmidele on lüpsirobotid jõudnud ka mahefarmidesse. Näiteks oli 2005. aastal Taanis 480 tegutsevat mahefarmi, millest 45 kasutasid lüpsiroboteid (Oudshoorn jt 2012: 26). Eestis pandi aastal 2014 tööle esimene mahefarmis töötav lüpsirobot Võrumaal asuvas ettevõttes OÜ Lõunapiim, mida avab ka käesolev magistritöö.

Nüüdseks on peale Lely Industries ka mitmeid teisi automaatlüpsisüsteemide tootjaid. Magistritöö autori poolt läbi töödeldud teadusartiklites käsitleti tabelis 1 toodud lüpsirobotite tootjaid.

**Tabel 1.** Automaatlüpsisüsteemide tootjad

Tootja	Lüpsiroboti mark	Käsitlenud artiklid
DeLaval Group;  DeLaval International AB, Tumba, Rootsi	VMS	Belle jt 2012: 34; Bijl jt 2007: 240; Castro jt 2012: 929; Dohmen jt 2010: 4024; Innocente, Biasutti 2013: 742
Galaxy, Insentec, Marknesse, Holland;  SAC, Kolding, Taani	Galaxy	Castro jt 2012: 929; Dohmen jt 2010: 4024
GEA Farm Technologies GmbH, Bönen, Saksamaa;  GEA Westfalia-Surge BV, Zeewolde, Holland	WestfaliaSurge  RMS	Dohmen jt 2010: 4024; Innocente, Biasutti 2013: 742
Lely, Bain-de-Bretagne, Prantsusmaa;  Lely Industries N.V. Rotterdam, Holland	Lely Astronaut (A2 ja A3)	Belle jt 2012: 34; Bijl jt 2007: 240; Castro jt 2012: 929; Dohmen jt 2010: 4024; Innocente, Biasutti 2013: 742; Kamphuis jt 2010: 3617; Mollenhorst jt 2012: 2524
Liberty, Zutphen, Holland	Liberty	Bijl jt 2007: 240
Fullwood Limited, Shropshire, Inglismaa	Merlin	Dohmen jt 2010: 4024;
Zenith Gascoigne Melotte BV, Emmeloord, Holland	Zenith	Bijl jt 2007: 240

Tabelist selgitavalt – viidatud uuringutest tuli välja, et kõige rohkem on farmides kasutusel DeLvali ja Lely Industries lüpsiroboteid.

Automaatse lüpsisüsteemi rakendamisega kerkivad üles mitmesugused probleemid, millega varem pole kokku puutunud - milline karja suurus on sobiv, mitu korda päevas lehmad külastavad lüpsirobotit (Laurs jt 2009: 38), lehmal võib olla käitumis- või kohanemiskasvatus, mis teeb nad ebasobivaks lüpsiroboti karja jaoks, ebasobiv niasade asetus või udaraveerandi suuruse varieerumine raskendab lüpsiseadme kinnitamist (Jacobs, Siegford 2012: 2230). Tavalüpsisüsteemi muutmisel automaatseks kaasnevad mitmesugused muutused lehma puhtuses ja liikumises, söötmissüsteemides, infektsioonide levimises ning haiguste avastamise meetodites (Hovinen, Pyörälä 2011: 547).

Automaatne lüpsisüsteem on arendatud asendamaks tavalist lüpsja poolt tehtavat lüpsi (Hovinen, Pyörälä 2011: 547). Tuleb arvestada, et lüpsiroboti puhul on kaks erinevat kasutajate rühma - inimesed (farmerid, ettevõtjad, töölised) ja lehmad (Holloway jt 2014: 133). Põhimõte on, et lehmad saavad lüpsirobotit külastada ööpäeva jooksul nii palju ja millal tahavad, mitte olla lüpsiplatsil siis kui farmerile sobib (Holloway jt 2014: 133). Farmer aga saab sõltuvalt iga lehma tootlikkusest korraldada tema liikumist, et sundida looma sagedasemale lüpsile või keelata lehma, kes soovivad lüpsida liiga sageli (Holloway jt 2014: 136).

Kuigi on mitmeid automaatse lüpsisüsteemi tootjaid, on siiski kaks põhilist lähenemist. Esimene, kõige populaarsem, on üksiku latriga süsteem, milles üks lüpsirobot teenindab ühte lüpsilahtrit või boksi. Selles süsteemis robot puhastab ja valmistab udara ette. Skanner, sageli lasersilm, otsib niasad ja seejärel kinnitatakse niasakannud. Lüpsi kestel antakse lehmale jõusööta või teravilja. Kui lehm on lüpsitud, masin järeltöötleb niasad ning loom saab värava kaudu väljuda. Selline süsteem suudab teenindada umbes 60 lehma. Teine on mitme latriga süsteem, milles robotkäsi teenindab kaht või rohkemat lüpsiboksi. Mõnes süsteemis robot sõidab bokside vaheliste rööbaste peal, teistes robot pöörleb kahe kõrvuti oleva boksi vahel. Sellises süsteemis suudab iga boks teenindada 60 lehma. (Hyde jt 2007: 369)

Võistlevate tootjate lüpsirobotite vahel on mõned erinevused (lisa 1), peamiselt puudutavad need robotkäsi ja sensori asukohta. Propageeritakse ka erinevaid lehmade süsteemist läbijuhutamise meetodeid, kasutades meelitamiseks toitu või ühesuunalisi

värvaid (Holloway jt 2014: 132). Kui võrrelda omavahel Lelyt ja DeLvali VMSi, siis on kõige tähtsam erinevus robotkäes ja selles, kuidas see liigub nisade puhastamise ja nisakannude kinnitamise ajal. DeLvali lüpsiroboti käsi liigub sagedamini, iga nisakann kinnitatakse eraldi (Jacobs, Siegford 2012: 2235). Mõned automaatsed lüpsisüsteemid sisaldavad ka mehhanismi, mis aitab kiiremini lehma robotist välja saada. Kasutatakse näiteks väikest elektrilööki või õhupahvakut (Holloway jt 2014: 138). Ülevaatlik tabel kuue tootja - Lely, Fullwoodi, DeLvali, Westfalia, Prolioni ning Gascoigne Melotte lüpsirobotitest on toodud lisas 1.

Kõik automaatlüpsisüsteemid sisaldavad andmeid kõikide lehmadega seotud toimingute kohta - toodang lehma kohta, lüpsisagedus, lüpsiaeg, ebaõnnestunud lüpsid, piima kvaliteet. Samuti saab programmi sisestada lehmade ravi, et vajadusel saaks robot ravi all oleva lehma piima eraldada ning kogu süsteemi ära pesta (Hyde jt 2007: 370). Selleks, et süsteem suudaks lehma identifitseerida, on loomad märgistatud, näiteks spetsiaalse elektroonilise kõrvamärgi või kaelarihmaga.

### **1.1.2. Põhjused automaatsele lüpsisüsteemile üleminekuks**

Uute tehnoloogiate areng pole seotud ainult lüpsisageduse tõusuga, vaid sellel on ka erinevad majanduslikud ja sotsiaalsed põhjused (Bijl jt 2007: 239; Laurs jt 2010: 101). Hogeveen jt 2004. aasta uuringu järgi on farmeritel viis motivaatorit eelistamiseks investeerimist automaatsesse lüpsisüsteemi tavalise lüpsisüsteemi asemel: vähem tööd, suurenenud painduvus, võimalus lüpssta lehma rohkem kui kaks korda päevas, tööjõu asendamine, vajadus uue lüpsisüsteemi järele (Castro jt 2012: 929).

Automaatsele lüpsisüsteemile ülemineku peamine põhjus on tööjõukulude kokkuhoid (Fadeeva 2012: 42; Holloway jt 2014: 133; Hovinen, Pyörälä 2011: 547; Hyde jt 2007: 369; Oudshoorn jt 2012: 25). Ühes Pennsylvania farmis loodetakse automaatse lüpsisüsteemi kasutuselevõtuga vähendada tööjõukulusid 75% (Hyde jt 2007: 369). Mathijs 2004. aasta uuringu järgi on kõige tähtsam põhjus lüpsirobotile üleminekuks painduv tööaeg, kuigi Steeneveldi uuringu järgi on faktiline informatsioon tööjõu paindlikkuse kohta kättesaamatu ja raskesti määratlev (Steeneveld jt 2012: 7395). Vabadus ja paindlikkus nii farmeritel kui lehmadel, on lüpsirobotite turunduses võtmesõnad. Tootja

Fullwood reklaamib "Enam ei ole varahommikusi lüpsse" ja "Ei pea tegema päevaplaani lüpside järgi". Tootja Lely kinnitab, et "Lehmade vabadus võrdub õnnelikkusega" (Holloway jt 2014: 133).

Piima tootmise peamised sihtmärgid on kõrgekvaliteedilise piima ja karja hea tervise hoidmine. Automaatne lüpsisüsteem tundub olevat lahendus nende eesmärkide saavutamiseks (Janštova jt 2011: 207). Lüpsirobotitele üleminekul piimatoodang suureneb, paraneb karja tervise juhtimine ja loomade heaolu (Holloway jt 2014: 133). Kuigi esimese lüpsiroboti külastuse ajal lehmad korduvalt häälitsevad, eemaldusid robotist, sammusid närviliselt, löid nisakannude kinnitamise ajal jalaga - vihjates sellega ebamugavusele või stressile. Vähem kui 24 tunniga aga sammumine ja löömine enne nisakannude paigaldust vähenesid ning häälitsemine ja lüpsirobotist eemaldumine kadusid peaaegu üldse (Jacobs, Siegford 2012: 1582). On tõendatud, et automaatses lüpsisüsteemis lehmad käituvad kui inividid oma isiklike rutiinidega (Holloway jt 2014: 135). Lehmad ei tee kõike samal ajal - mõned söövad, mõned lamavad, mõned ootavad lüpsi ja mõned lüpsavad (Holloway jt 2014: 136). Märkimata ei tohi jätta ka seda, et lüpsmine on lüpsirobotiga udaraveeranditel baseeruv udarapõhise lüpsmise asemel (Hovinen, Pyörälä 2011: 547). Kuna iga udaraveerand võib sisaldada erineval hulgal piima, siis lüpsirobot eemaldab nisakannu eraldi vastavalt piima lõppemisele. Seega ei saa tekkida ei ala- ega ülelüpsi nagu tavalüpsisüsteemi korral, kus kõik neli nisakannu eemaldatakse korraga (Holloway jt 2014: 135). Iga looma tervis ja toodang on detailselt jälgitav. Automaatne lüpsisüsteem määrab paljusid aspekte lehma tervises, sealhulgas ka somaatilisi rakke, piima värvi ja elektrijuhtivust ning seda kõike udaraveerandi baasil. Need on kaugelt üle traditsioonilise lüpsisüsteemi võimalikkusest. Tänu neile saab farmer varem avastada isegi väikesi muutusi ning kiiremini prognoosida haigusi. Samas on ka võimalus jälgida karja toodangu trende (Jacobs, Siegford 2012: 2228). Automaatsele lüpsisüsteemile on võimalik lisada ka Karja Navigaatorit, mis jälgib näiteks progesterooni sisaldust (Holloway jt 2014: 135). Selle analüüsisüsteemi abil saab jälgida inda, avastada mastiiti ning ketoosi.

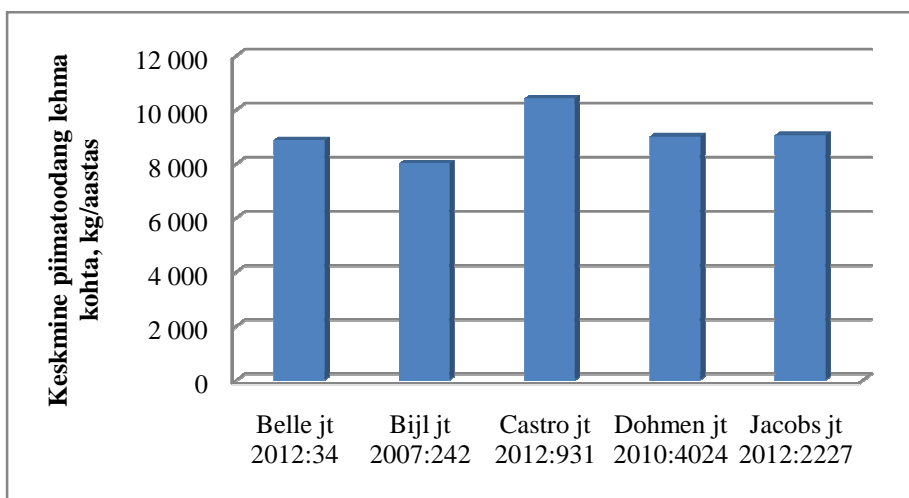
Automaatse lüpsisüsteemiga lauda valgustust saab kasutada stimuleerimaks lehmade lüpsiroboti kasutamist. Seda saab näiteks seadistada nii, et kuusteist tundi on päevavalgust ja kaheksa tundi pimedust. See teavitab lehma magamisajast ja ärkvelolekust. Vajadusel saab valgustusega mängida, et stimuleerida vaiksemal ajal roboti tihedamat kasutamist. (Holloway jt 2014: 137)

## 1.2. Automaatse lüpsisüsteemi mõju lehmadele ja piima näitajatele

### 1.2.1. Robotlüpsisüsteemile ülemineku mõju piimatoodangule

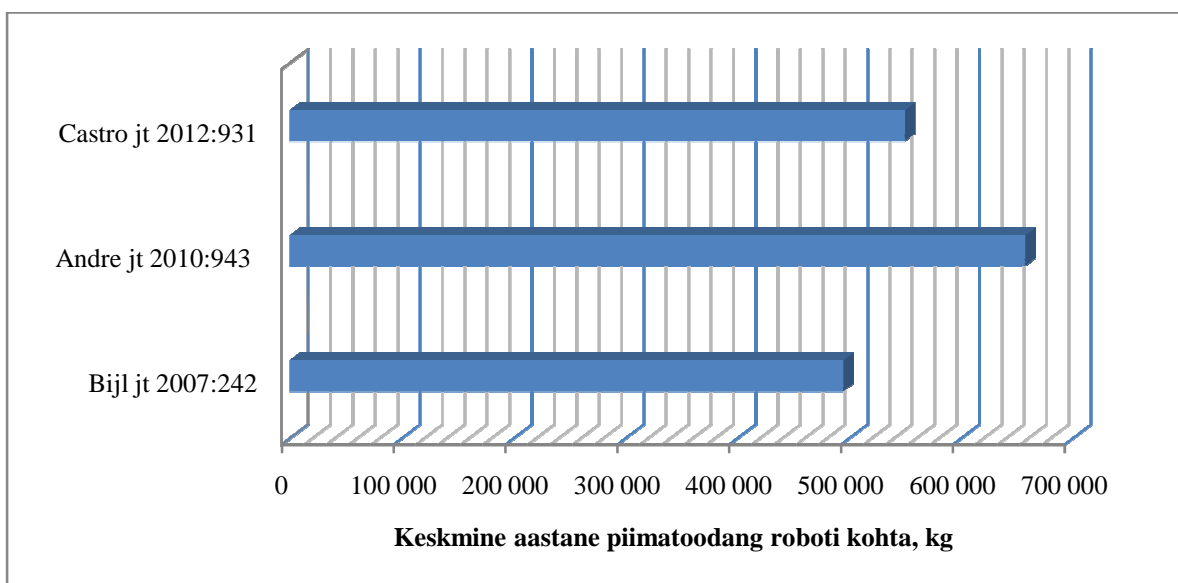
Piimatootmise arengu suund kahekümndal sajandil on piimatoodangu maksimeerimine (Jacobs, Siegford 2012: 2227). Kui tootmiskulud jäävad samale tasemele, siis mõjutab saadava kasumi suurust oluliselt lehma keskmine toodang, mistõttu iga tootja huvitub eelkõige lehmade piimajõudluse suurendamisest. Lehmade piimajõudlust ja koostist mõjutavad kõige enam lehma tõug ja pärilikkus. Tähtsuset järgmisel kohal on õige söötmine, lüpsmine, pidamistingimused jne, millega tagatakse sööda efektiivsem väärindamine toodanguks, stressivaba keskkond, tervis ja heaolu. (Poikalainen 2006: 402)

Lehmade piimatoodang on laktatsiooni toodang, mis on arvutatud päevastest piimatoodangutest laktatsiooni jooksul. Päevane piimatoodang on arvutatud ühest või rohkemast lüpsist ööpäeva jooksul (Klopčič jt 2013: 6084). Tänu teadlikule selektsioonile ning õigele söötmisele on viimase 25 aastaga piimalehmade tootlikkus märgatavalt tõusnud. Kui 1980-ndatel oli piimatoodang lehma kohta 5 000 - 6 000 kg/aastas, siis tänapäeval ulatub paremates farmides lehmade piimatoodang 10 000 kg/aastas või isegi üle selle (Laurs jt 2010: 101). Automaatse lüpsisüsteemiga lautades on lehmade aastane piimatoodang väga kõikuv, olles minimaalselt 5 500 kg (Dohmen jt 2010: 4024) ja maksimaalselt 12 739 kg (Castro jt 2012: 931). Keskmised piimatoodangud on toodud ära joonisel 1. Need jäävad vahemikku 8 011 - 10 410 kg piima lehma kohta aastas.



**Joonis 1.** Keskmised piimatoodangud lüpsirobotiga farmides aastatel 2007-2012

Kui vaadelda keskmist piimatoodangut lüpsiroboti kohta aastas (joonis 2), siis on näha suur kõikumine 494 442 - 657 000 kg. Äärmused on veelgi suuremad kui vaadelda maksimaalset toodangut lüpsiroboti kohta 796 643 kg ja minimaalset 237 258 kg piima aastas (Castro jt 2012: 931). Nii suured kõikumised võivad olla tekkinud lehmade tõu, söötmise, laktatsiooni, lehmade arvu erinevuste tõttu roboti kohta.



**Joonis 2.** Keskmise piimatoodang lüpsiroboti kohta aastatel 2007 - 2012

Uuele tehnoloogiale ülemineku alguses tavaliselt piimatoodang vähenes keskmiselt 50-70%. See stabiliseerus kuu jooksul endisele tasemele (Lauri, Priekulis 2009: 351). Automaatsele lüpsisüsteemile ülemineku aga ei pruugi alati kaasa tuua karja piimatootmise suurenemist (Kruip jt 2002: 2578). Põhjuseks võib olla näiteks vähem ja ebaregulaarsemad lüpsiroboti külastusi kui tavalise lüpsisüsteemi puhul (Kruip jt 2002: 2579).

Üheks automaatse lüpsisüsteemi eeliseks on võimalus individuaalselt iga lehma lüpsisagedust kontrollida (Jacobs, Siegfried 2012: 2228). Lehmade lüpsisagedus on mõjutatud:

- mugavast pääsemisest robotlüpsisüsteemi (kas on otsene pääs lüpsirobotisse või läbi väravate ja käikude);
- lehmade lüpsiroboti külastamise harjumustest ja ergutustest (tingitud refleksi kujundamine, roboti varustamine söödaga);

- kas lüpsirobot on ainult lüpsil käivatele lehmadele (vaba või selektiivne pääs lüpsirobotisse);
- lehmade tootlikkusest (suurema toodanguga lehmad püüavad sagedamini lüpsmas käia);
- lüpsmise protsessi pikkusest (sõltub piimatoodangust ja lüpsikiirusest), samuti ka tehnoloogiliste operatsioonide pikkusest, mis on vajalikud lüpsil ja selleks ettevalmistamisel;
- süsteemi pesemiseks kuluv aeg (Lauri jt 2009: 39).

Kui päevane lüpside arv suurenes, siis need lehmad, keda lüpsiti kolm korda päevas, andsid 10 kg piima päevas rohkem kui lehmad, keda lüpsiti kaks korda päevas (Winnicki jt 2010: 86). Piimatoodang päevas kasvab lineaarselt samas kui lüpsidevahelise intervalli pikkus väheneb (Andre jt 2010: 945). Peab siiski arvestama, et piimatoodang on mõjutatud individuaalsetest lehmade erinevustest (Larsen jt 2012: 5610). Madala ja keskmise toodanguga lehmadele piisab kahest lüpsist päevas ning see ei too kaasa märgatavaid majanduslikke kaotusi. Lüpsisagedus muutub oluliseks kui karjas on kõrgetoodangulised lehmad (Lauri jt 2010: 101). Hea udara tervise säilitamiseks tuleb lüpsisagedus kohandada lehma laktatsioonile. Poegimisjärgselt tuleks lehma lüpsida umbes kolm korda päevas. Neljakordne päevalüps on täideviidav ainult laktatsiooni haripunktis ja kõrge piimatoodanguga lehmadel. Laktatsiooni lõpuks peaks lehma lüpsma kaks korda päevas (Hovinen, Pyörälä 2011: 558; Lauri, Priekulis 2009: 353). Samas tuleb jälgida, et lüpside vaheline aeg ei oleks väiksem kui 4-5 tundi. Väga väike lüpsivahemik häirib piimaerituse reflekse ning seetõttu muutub lüpsiprotsess korratuks (Lauri jt 2010: 101). Kui lüpside vaheline intervall oli alla kuue tunni suurenes somaatiliste rakkude arv nii tervetes kui haigetes veerandites (Innocente, Biasutti 2013: 744). Alati ei pruugi lehmad käituda farmeri soovide järgi. Lauri jt 2010 aastal tehtud uuringu järgi lüpsid lehmad, keda plaaniti lüpsida neli korda päevas, tegelikult 2,77 korda ning lehmad, kellele oli mõeldud kolmekordne päevane lüps - 2,55 korda. Grupis, kes võisid lüpsida 2 -2,5 korda, oli tegelik lüpsisagedus 2,1 korda. Saavutamaks soovitud lüpsisagedust, on vaja töolist, kes loomi robotisse suunaks. (Lauri jt 2010: 105)

Lüpsisagedus on märgatavalt kõrgem lüpsirobotiga farmides kui tavalise lüpsisüsteemiga farmides, kus lüpsiti kaks korda päevas. Robotlüpsisüsteemiga farmis on talvine lüpsisagedus (2,4-3,2) suurem kui suvine (2,0-3,0). Seda võis näiteks põhjustada karjamaa

kaugus laudast (Oudshoorn jt 2012: 28). Lüpsirobotiga farmides jääb keskmine lüpsisagedus vahemikku 2,1 (Laurs jt 2010: 105; Jacobs, Siegford 2012: 1582) kuni 2,9 (Laurs jt 2009: 354). Kusjuures peaaegu 95% lehmadest käisid lüpsmas 2-3 korda päevas, umbes 4% aga neli korda päevas (Winnicki jt 2010: 85). Fadeeva (2012: 25) Eesti ettevõtete põhjal tehtud uurimuse järgi oli DeLaval'i tehnoloogiaga ettevõtetes lehmade keskmine päevane lüpsikordade arv 2,68.

### **1.2.2. Piima koostis**

Lehma piima koostis on mõjutatud reast tingimustest nagu geneetika, söötmine, laktatsioonifaas. Teatud määral on võimalik piima koostist muuta ja teha seda oma eesmärkidele sobivamaks (Larsen jt 2012: 5608). Piima koostist hommikul ja pealelõunasel lüpsil mõjutab päevase ja öise söötmise erinevus (Larsen jt 2012: 5609). Sellepärast tehakse ka Eesti tavalise lüpsisüsteemiga lautades vahelduvat kontrolllülpi, see tähendab, et ühel kuul võetakse piimaproov hommikusest lüpsist, järgmisel kuul õhtusest.

Piima rasva ja proteiini sisaldus oli automaatse lüpsisüsteemiga farmis võrdne tavalise lüpsisüsteemiga farmile, kuigi on teada, et suurem lüpsisagedus lahjendab piima, põhjustades madalama proteiini ja rasva sisalduse (Oudshoorn jt 2012: 31, Saarma 2015: 46). Statistiliselt olulisi erinevusi tava- ja robotlüpsisüsteemiga farmi piima rasvasuses, proteiini ja laktoosi sisalduses, kaseiini indeksis ja rasva proteiini suhtes ei olnud (Innocente, Biasutti 2013: 745). Rasmussen 2001. aasta uuringus vaadeldi piima kvaliteeti ühe aasta jooksul enne ja pärast automaatsele lüpsisüsteemile üleminekut. Leiti, et peale üleminekut tõusis somaatiliste rakkude arv, eriti esimese kolme kuu jooksul (Janštova jt 2011: 209). Samas Oudshoorn uuringus väidetakse, et tavalise ja automaatse lüpsisüsteemiga farmide somaatiliste rakkude arv ei erine (Oudshoorn jt 2012: 31). Viimaste arv on väga oluline, sest näiteks Taanis sõltub piima hind somaatiliste rakkude arvust. Kui somaatilisi rakke on >400 000 piima ml kohta, siis piima hinnast arvutatakse maha 4% (Oudshoorn jt 2011: 319). Somaatiliste rakkude arvu järgi määratakse ka Eestis toorpiima kvaliteediklass ning sellest sõltub tootjale makstav hind.

Tavalise ja automaatse lüpsisüsteemiga lüpsitud piima külmumistäpis statistiliselt olulisi erinevusi ei leitud. Väärtused olid vastavalt -0,524°C ja -0,523°C (Innocente, Biasutti



2013: 744). Erinevused ei olnud ka statistiliselt olulised erinevate mudelite ja farmide vahel. Kõik väärtused jäid lubatava normi piiresse - väärtus peab olema madalam kui  $-0,520^{\circ}\text{C}$ . Järelikult lüpsiroboti puhastus- ja loputustsüklid ei lisa piimale oluliselt vett (Innocente, Biasutti 2013: 745).

Võib väita, et lüpsirobotitega farmides jäävad piima koostised nii riiklikele kui Euroopa Liidu standarditele vastavaks (Janštova jt 2011: 208; Innocente, Biasutti 2013: 744). Anormaalne piim tuleb eraldada, see on samuti reguleeritud Euroopa Liidu Komisjoni poolt (Brandt jt 2010: 428). Piimatehnoloogia automatiseerimise protsess on kaasa toonud mitmeid tehnilisi lahendusi piima koostise analüüsimiseks (Brandt jt 2010: 434). Näiteks anormaalse piima avatamine on teostatav spektroskoopiliselt kui ka kolorimeetriliste mõõtmistega (Brandt jt 2010: 430).

### **1.2.3. Automaatse lüpsisüsteemiga laudas peetavate lehmade tervis**

Automaatsel lüpsisüsteemil on head eeldused edendamaks loomade tervist ja heaolu (Janštova jt 2011: 212). Udara tervist kujundavateks olulisemateks parameetriteks on: tõug; suvine karjatamine; vasikate söötmine mastiiti nakatunud lehma piimaga; allapanu (Wagenaar jt 2011: 160).

Halva udara tervisega on seotud kliiniline mastiit ja kõrge somaatiliste rakkude arv, mis põhjustavad olulisi majanduslikke kadusid ning vähendavad looma heaolu nii mahe- kui tavafarmides (Wagenaar jt 2011: 157). Mastiit on udarapõletik, mis on põhjustatud patogeensete mikroorganismide, peamiselt bakterite, harva seente, pärmide või vetikate poolt. Immuunreaktsiooni tõttu sisenevad leukotsüüdid piimanäärmetesse põhjustades märgatava somaatiliste rakkude arvu suurenemise piimas. (Brandt 2010: 428) Seega on piima kvaliteedi säilitamiseks vaja mastiit tuvastada (Steeneveld jt 2010: 2559), lisaks eelnevale aitab see ka vältida subkliinilise infektsiooni muutumist kliiniliseks või krooniliseks (Brandt 2010: 428). Subkliinilisse mastiiti nakatunud lehma piim on visuaalsete muutustega (Hovinen jt 2011: 556).

Automaatse lüpsisüsteemiga farmis on kliinilise mastiidi avastamiseks parim võimalus lüpsiroboti alarminimerkirja kontrollimine. Need genereeritakse lüpsi jooksul tehtud

mõõtmiste (elektrijuhtivus, piima värv) tulemuste abil ning need teatavad lehmadest, kellel kahtlustatakse kliinilist mastiiti. (Steenefeld jt 2010: 2559) Praegustes lüpsirobotites avalduvad häired eksisteerivad erineval viisil (sõnaline, sümbolites, loendurid, värvikoodid, telefonisõnumid) baseerudes absoluutsest arvutamisest või indeksi väärtustel, klassidel või udaraveerandite vahelistel suhetel (Hovinen, Pyörälä 2011: 553). Näiteks Lely lüpsiroboti puhul elektrijuhtivuse mõõtmistulemused esitatakse 20 kõrgeima väärtuse keskmisena ja seda igal udaraveerandil. Värvide mõõtmistulemused esitatakse lüpsmise keskmise väärtusena. Elektrijuhtivuse häire antakse juhul kui udaraveerandi piima elektrijuhtivus on 20% kõrgeim kui madalamal veerandil kahel järjestikusel lüpsil (Steenefeld jt 2010: 2560).

Üldine lüpsirobotitega töötavate piimafarmerite kaebus on suhteliselt suur valepositiivsete alarmide arv (Steenefeld jt 2010:2559) ja seetõttu on raske otsustada, milliseid loomi visuaalselt kontrollida (Steenefeld jt 2010:2564). Valehäirete rohke arv tõstab tarbetult farmerite töökoormust ja kahandab töö nauditavust ning vähendab tuvastussüsteemi usaldatavust (Mollenhorst jt 2012: 2525; Kamphuis jt 2010: 60). On farmeri otsus, kas valida rohkem häireid koos suurema täpsuse ja rohkemate valepositiivsete häiretega või vähem häireid ja väiksem tundlikkus, sõltudes karja udara tervise seisukorrast ja järelvalves kasutatavatest meetoditest (Hovinen, Pyörälä 2011: 554).

Automaatsest lüpsisüsteemist saadavatest andmetest (elektrijuhtivus, piima värvus ja voolu kiirus) ainult ei piisa, et avastada kõiki kliinilise mastiidi juhtumeid. Lisaks on vaja veel teisi informatsiooniallikaid (Kamphuis jt 2010: 3626). Kontrollida võiks piimafiltrit ja lüpsivahemiku pikkust (Steenefeld jt 2010: 2560). Kliinilise mastiidi esinemine oli 2,11 korda kõrgem farmides, kus piimafiltreid vahetati kolm korda päevas võrreldes farmidega, kus vahetati üks kord päevas või isegi harvem (Dohmen jt 2010: 4026). Üks seletus sellele võib olla, et farmeril on eelnev kogemus kõrgete somaatiliste rakkude arvuga ja ta püüab seda vältida ning üks viis selleks on sagedasem piimafiltrite vahetus. Teine seletus on seotud kliinilise mastiidi avastamisega - kui farmer asendab piimafiltreid sagedamini, pöörab ta rohkem tähelepanu filtri sisemusele ning avastab kiiremini mastiite (Dohmen jt 2010: 4027). Iga-aastane kliinilise mastiidi juhtude arv on positiivselt seotud piimafiltrite vahetamise sagedusega (Dohmen jt 2010: 4019). Ootused on, et lüpsirobot suudaks avastada suuremat osa piimas leiduvat verd (Hovinen, Pyörälä 2011: 556). Kuid arvestama peab sellega, et alati ei pruugi verega piim tingimata tähendada kliinilist mastiiti, vaid võib

olla põhjustatud udara või nisa vigastusest (Kamphuis jt 2010: 3619). Üks võimalus on veel piimatoodangu jälgimine. Kuigi 40% õigeks osutunud positiivsetest häireteteadetest oli piimatoodang vähenenud rohkem kui 30%, oli 9% valepositiivsetel häirete korral samuti piimatoodangu langus (Steeneveld jt 2010: 2563). Farmerid eelistavad sellist kliinilise mastiidi avastamise süsteemi, mis annaks vähe valehäireid ja annaks häired rohkem valivalts ning õigel ajal (see tähendab, et ei ole veel liiga hilja efektiivsete tegevuste teostamiseks) (Mollenhorst jt 2012: 2529).

Kui kliiniline mastiit leiab kinnitust vesisuse, tükkidega piimas, paistetuse või punetusega, siis tuleb nakatunud udaraveerandit ravida. Kohe peale mastiidi kindlaks tegemist tuleks lehm lüpsirobotist eemaldada ja lüpssta tavalise meetodiga (Steeneveld jt 2010: 2560).

Lüpsirobotitel on kasutusel neli erinevat nisapuhastusseadet: 1. samaaegne kõikide nisade puhastus horisontaalselt keerleva harjaga; 2. järjestikune puhastus harjadega või rullidega; 3. samaaegne kõikide nisade puhastus samade nisakannudega, mida kasutatakse lüpsmiseks; 4. järjestikune nisade puhastus eraldioleva puhastusseadmega (Jacobs, Siegford 2012: 2237). Robotlüpsisüsteemi kuulub varustus nisade lüpsieelseks puhastuseks, kuid masin kohtleb igat lehma samamoodi ning ei tee vahet mustal ja puhtal udaral (Innocente, Biasutti 2013: 744). Halb hügieen on suureks riskiks udara tervisele. Aasta karja keskmine somaatiliste rakkude arv oli positiivselt seotud lehmade proportsiooniga, kellel olid enne lüpsi nidad ja jalad mustad (Dohmen jt 2010: 4019), samuti oli see positiivselt seotud toidukünade puhastamise sagedusega ning negatiivselt seotud laseri ja kaamera puhastamise sagedusega (Dohmen jt 2010: 4024). Keskmine lehmade arv, kellel oli enne lüpsi mustad nidad, oli 31%. Pärast lüpsiroboti puhastusprotsessi oli 8%-l lehmadest ikka veel nidad mustad (Dohmen jt 2010: 4028). Lüpsiroboteid kasutavad farmerid peavad hoolega hoolitsema farmi puhtuse eest kuni lüpsiroboti tehnilised lahendused suudavad kõrvaldada ühe potentsiaalse probleemi - eristada musti ja puhtaid udaraid ning nidasid täpselt desinfitseerida (Jacobs, Siegford 2012: 2237).

Lehma tervisega on seotud ka nisakannude sagedasem puhastamine, allapanu ja selle uuendamine, märgade kohtade eemaldamine, poegimisala kasutamine haigete loomade hoiukohana, nisakannude puhtus (Dohmen jt 2010: 4028). Mõnedel loomadel esinev lonkamine on rohkem seotud farmi juhtimise ja hoone ehitusliku eripära kui lüpsisüsteemi tüübiga (Jacobs, Siegford 2012: 2236).

Fadeeva (2012: 13) järgi võib üleminek robotlüpsisüsteemile vähendada loomade haiguste avastamist, sest väheneb inimesepoolne lehmade jälgimine, samuti võivad tekkida muutused terves lauda töökorralduses, loomade liikumises, söötmises, lauda ja asemete puhtuses, mis kõik omaette võivad mõjutada loomade stressitaset ja nakatumise sagedust.

### **1.3. Automaatse lüpsisüsteemi mõju ettevõtte efektiivsusele**

#### **1.3.1. Põllumajandusettevõtte kulude olemus ja tootmise efektiivsuse hindamine**

Kulu tekib ettevõttes konkreetsete tegevuste tulemusena – tööjõu, materjalide ja teiste ressursside kasutamisel. Ressursse tuleb kasutada väärtuste loomiseks, vastasel juhul on need ressursid raisatud. Ettevõtted keskenduvad kulude juhtimisele, et hinnata võimalike alternatiivsete otsuste eeldatavaid mõjusid. (Karu 2008: 43-44)

Kulusid võib liigitada mitmeti. Üks võimalus on kulude jagamine muutuvkuludeks ja püsikuludeks. Muutuvkulud sõltuvad tootmisharu iseärasustest. Muutuvkulude suurus muutub samas suunas tootmise mahu kasvu või kahanemisega. Loomakasvatuses on muutuvkuludeks söödad, mineraalained, ravimid, veterinaarteenused jt (Persitski 2006: 6). Püsikulud on tootmise teatud tasemeni kindel suurus, vaatamata toodangu mahu või liigi muutumisele ning neid on raske konkreetse tootmisharuga siduda. Püsikulud on näiteks palgatöötajate palk, sotsiaalmaks, masinate ja seadmete hooldekulu, kütus, elekter jne (Sealsamas: 6).

Kulude liigitamisel püsi- ja muutuvkuludeks on mitmeid probleeme, nii eksisteerivaid kui ka potentsiaalseid ning neid tuleks ettevaatlikult prognoosida. Tüüpilisemad probleemid on (Alver, Reinberg 2002: 91):

- Muutuvkulud ei pruugi alati muutuda lineaarselt.
- Püsikulud võivad mõjutada ka tegevusmahuga mitte seotud tegurid.
- Püsikulude jaotamisel kasutatakse jaotusbaasina sageli muutuvkulud, mis tekitab kujutluse, et jaotatavad kulud on pigem muutuvkulud kui püsivkulud.
- Kulude käitumine pole alati reeglipärane.
- Kulude varieerumisel võib olla mitmeid põhjuseid.

Tootmises rakendatud ressursside ja nende kasutamisel tekkinud kulude efektiivsusele hinnangu andmisel kasutatakse sageli tootlikkuse näitajaid. Süsteemi tootlikkust mõõdetakse kõige laiemalt selle väljundite ja sisendite suhtena. Tootlikkust mõõdetakse järgmise baasvalemi abil (Kallas, Garmider-Laur 2001:108):

$$\text{Tootlikkus} = \frac{\text{Väljundid}}{\text{Sisendid}} = \frac{\text{Toodang}}{\text{Ressursid (kulud)}}$$

Naturaalühikutes (tk, kg) väljendatud väljundite ja sisendite suhet võib nimetada tehniliseks tootlikkuseks. Selle näitaja väärtust hinnad ei mõjuta. Kui väljundid ja sisendid esitada rahalises väljenduses, võib sellist suhet nimetada majanduslikuks tootlikkuseks (ehk majanduslikuks efektiivsuseks). See näitaja on seotud sisendite ostuhindadega ja väljundite müügihindadega, mistõttu võidakse seda nimetada ka tulukuseks ehk finantstootlikkuseks. (Kalle 2007: 7)

Tüüpilisteks väärtuselisteks väljunditeks tootlikkuse hindamisel on ettevõtte realiseerimise netokäive (müügiimaht), kogutoodangu väärtus, samuti ka lisandväärtus. Tüüpilisteks sisenditeks ettevõtte tootlikkuse mõõtmisel on tootmiskulud (materjalid, kütus, energia, tööjõukulu jm), millest osa (näiteks tööjõud) võidakse sisendkuluna arvesse võtta ka naturaalühikutes. (Sealsamas: 15)

Erinevate ressursside efektiivsuse hindamiseks tuuakse välja osatootlikkuse näitajad, mis vastandavad väljundi konkreetse uuritava sisendi väärtusega. Osatootlikkuse saame leida järgmise valemi järgi (Kalle 2007: 16):

$$\text{Osatootlikkus} = \frac{\text{Väljund(id)}}{\text{Üks sisend}}$$

Kõige olulisem ning sageli kasutatavam osatootlikkuse näitaja on töö tootlikkus ehk tööviljakus. Tööviljakus iseloomustab ajaühikus valmistatud toodangu ja kulutatud tööjõu või töötaja suhet (Sealsamas: 10). Ühe töötaja netokäive ehk tööviljakus saadakse järgnevalt (Kallas, Garmider-Laur 2001: 110):

$$\text{Töö tootlikkus} = \frac{\text{Realiseerimise netokäive}}{\text{Keskmise töötajate arv}}$$

Antud töös leiab kajastamist nende kulude efektiivsus, mille märgatavat muutumist on täheldatud robotlüpsisüsteeme käsitletud teadusartiklites. Sellised kulud on töötajatega seotud kulud, lüpsiseadmete hoolduse kulud, elektrikulu, ravimikulu. Loomakasvatuse suuremaks kuluks on tavaliselt söödakulu. Kuna OÜ Lõunapiim söötmisses märkimisväärseid muudatusi ei tehtud ning loomade sagedase lautade vahelise liikumise tõttu oli analüüsitava perioodi alguses raskesti jälgitav, jääb nimetatud kulu uurimine antud tööst välja.

### **1.3.2. Tööjõukulud robotlüpsisüsteemiga ettevõttes**

Üheks põhjuseks, miks ettevõtted robotlüpsisüsteemidele üle minekut kaaluvad, on lehmade toodangutaseme tõus. Kõrgetoodangulisi lehmi tuleks lüpssta 3-4 korda päevas, mis traditsioonilise lüpsitehnoloogia kasutamisel ei oleks teostatav kõrge tööjõuvajaduse tõttu (Laurs jt 2010: 10). Kuna arvatakse, et lüpsiroboteid kasutades hoitakse tööjõudu kokku (Steeneveld jt 2012: 7391, Fadeeva 2012: 42) on hakatud neid süsteeme järjest rohkem kasutama. 2010. aastal oli maailmas kokku üle kümne tuhande lüpsiroboti (Laurs jt 2010: 101). Näiteks analüüsitud Pennsylvania farmis loodeti automaatsele lüpsisüsteemile üleminekul vähendada tööjõukulusid 75%. Samuti eeldatakse robotlüpsisüsteemide kasutuselevõtul teiste kulude vähenemist, milleks on kaudsed juhtimiskulud, ettevõtja psüühilised kulud (mitterahalised kulud, näiteks stress, elukvaliteet), kuigi neid on raske hinnata. (Hyde jt 2007: 369)

Oudshoorn jt (2012) uuringu järgi kulus robotlüpsisüsteemiga laudas 3,0 minutit tööaega lehma kohta päevas, samal ajal kui tavalise lüpsisüsteemiga laudas kulus 5,3 minutit ehk kokku hoiti 2,3 minutit lehma kohta. See on peaaegu 50% lehma kohta kuluvast tööajast (Oudshoorn jt 2012: 31). 2003. aastal Hollandis tehtud uuringust selgus, et lüpsirobotitega farmid kasutasid keskmiselt 29% vähem tööjõudu kui tavalise lüpsisüsteemiga farmid (Bijl jt 2007: 239). Eestis läbi viidud uuringus (Fadeeva 2012: 25) täheldati samuti tööjõukulude vähenemist. Steeneveldi 2012. aasta uuringu järgi jäid aga tava- ja robotsüsteemiga farmides tööjõukulud praktiliselt võrdses, sest mõned tööülesanded küll kaovad/vähenevad, kuid need võivad asenduda teiste tööülesannetega (Steeneveld jt 2012: 7395). Piimatootjad ei pruugi näha töötajate arvu vähenemist, sest mõned lehmad ei lähe lüpsile vabatahtlikult või ei ole neid korralikult lüpsirobotis seadistatud (Jacobs,

Siegford 2012: 2227) ning nende loomade lüpsma saamiseks on vaja töötajate abi. Nädal peale robotlüpsile üleminekut lüpsis robotsüsteemiga laudas üle 60% lehmadest vabatahtlikult, pärast kahte nädalat üle 75% ja ühe kuu pärast 95% karjast. See tähendab, et ainult viis lehma vajas 12 tunni jooksul lüpsile ajamist (Jacobs, Siegford 2012: 1583).

Probleemiks on ka see, et kuigi töötajate palgad on aastatega märkimisväärselt tõusnud, on siiski keeruline leida häid töötajaid ning töö ise on füüsiliselt raske ning tööaeg väga varajane ja hiline (Laurs jt 2010: 101). Mõned Taani lüpsiroboteid kasutavad farmerid töid välja, et kui poleks automaatse lüpsisüsteemi võimalikkust, siis nemad lõpetaksid tootmise, lihtsalt sellepärast, et sobivat tööjõudu on võimatu leida (Oudshoorn jt 2012: 31). USA farmerid kasutavad võimalust leida ja palgata odavat tööjõudu teistest riikidest ning see vähendab soovi otsustada lüpsiroboti kasuks (Jacobs, Siegford 2012: 2228). 2002. aastal oli 42% USA töötajatest hispaanlased (Hyde jt 2007: 368). Samuti on probleemiks see, et töötajad puuduvad sageli lühikese etteteatamisajaga (Hyde jt 2007: 368).

Lüpsirobotite kasutamine kaotab ära küll mõned tööülesanded, kuid samas tulevad asemele uued - robotsüsteemi kontroll ja puhastamine, mitu korda päevas alarminimekirjade kontrollimine, lehmade visuaalne kontroll, lubatud lüpsivahe ületanud lehmade lüpsma ajamine. Samuti on vaja aega uue süsteemiga harjumiseks. Seega võiks tööjõukulude kokkuhoidu oodata alles pärast kohanemisperioodi. (Steeneveld jt 2012: 7392)

Kui võrrelda erinevate lüpsisüsteemidega kaasnevat tööviljakust, siis Mering (2015: 30) järgi on madalaim tööviljakus torusselüpsitehnoloogia kasutamisel. Robotlüpsitehnoloogiat kasutades on võimalik saada rohkem müügitulu vähemate töötundidega. Torusselüpsi tehnoloogiat kasutades oli Parduse talu kogu müügitulu alusel tööviljakuseks 7,41 eurot tunni kohta. (Sealsamas: 31) 2012. aasta kui Parduse talu võttis kasutusele robotlüpsitehnoloogia, vähenes tööaeg. Tööviljakus oli siis 21,26 eurot ühe töötatud tunni kohta ning 2013. aastal 34,68 eurot. (Sealsamas: 32) Ringase (2014: 51) järgi on töö tootlikkus madalaim kannulüpsi kasutades ja kõrgeim robotlüpsi kasutatavatel piimatootjatel - kui esimesel juhul teenitakse ühe töötunni kohta piima müügitulu 5,75 eurot, siis robotsüsteemi kasutades 23,39 eurot, torusselüpsi korral aga 12,38 eurot. Kui teha kulutusi ühe euro eest tööjõukuludesse saab robotlüpsi kasutades toota 15,26 kg piima. Keskmised tööjõukulud on torusselüpsitehnoloogia korral 85 024 eurot ning robotlüpsitehnoloogiat kasutades 92 147 eurot ettevõtte kohta. (Ringas 2014: 52)

Piimatootjatel, kes kasutavad robotlülpi, tuleb ühe töötaja kohta keskmiselt 24,6 piimalehma, torusselülpi kasutavates ettevõtetes keskmiselt 14 lehma (Sealsamas: 53).

### **1.3.3. Automaatse lüpsisüsteemi tööjõudlus**

Kogu lüpsiprotsess koosneb erinevatest faasidest. Kui lehm siseneb lüpsirobotisse, kulub aega veise identifitseerimiseks, udara ettevalmistamiseks ning nisakannude kinnitamiseks. Lüpsiks kuluv aeg sõltub iga individuaalse lehma piimatoodangust ning piima voolukiirusest. Pärast lülpi on nise desinfitseerimine, süsteemi puhastamine ning lehma väljumine. (Andre jt 2010: 944)

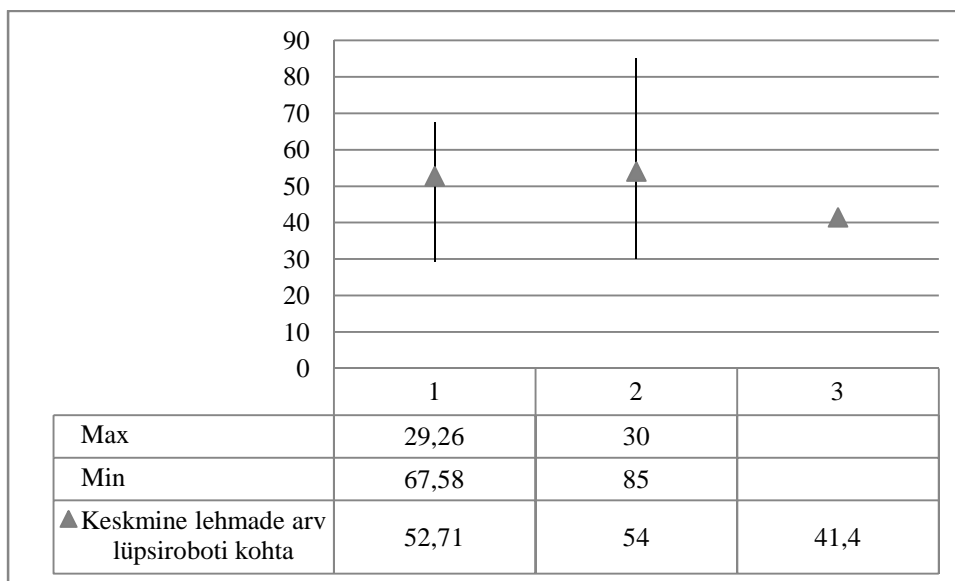
Üks olulisemaid karakteristikuid, mis iseloomustab automaatse lüpsisüsteemi koormust, on lehmade lüpsisagedus päevas (Laurs jt 2009: 39), see tähendab aeg 24 tunni jooksul, mil on võimalik lüpsata. Seda võib väljendada ka süsteemi hõivatuse määraga ehk protsent nendest tundidest, mil lüpsisüsteem on päeva jooksul saadaval. Kui automaatse lüpsisüsteemi hõivatuse määr on 70%, siis 16,8 tundi päevas on süsteem lüpsmiseks saadaval ning järele jäänud 7,2 tundi kulub süsteemil loputusteks, puhastusteks, tühjalt seismiseks (Andre jt 2010: 942). Keskmiselt on ööpäevas 2,6 - 2,75 automaatse lüpsisüsteemi puhastust (Belle jt 2012: 34).

Ei ole võimalik lühendada lülpi- ja pesuaega, kuid siiski tuleks majanduslikel kaalutlustel vähendada miinimumini lüpsiroboti jõudeoleku aeg (Laurs jt 2009: 41). Keskmiselt on automaatne lüpsisüsteem tühi 10-18% päevast (Jacobs jt 2012: 2186), lätlaste uuringu järgi 18-19% päevas (Laurs jt 2009: 41).

Keskmine lehmade arv lüpsiroboti kohta on 41,4 - 54 (joonis 3). Selleks, et lüpsirobotit tõhusamalt kasutada, peaks ühe lüpsiroboti teenindada olema vähemalt 50-55 lehma (Laurs jt 2009: 41). Fadeeva (2012: 23) järgi on Eestis ühe DeLvali lüpsiroboti kohta 63,7 lehma ning LELY lüpsirobotil 55,0 lehma. Kui karjas oli 60 lehma, siis automaatse lüpsisüsteemi hõivatuse määr oli 64%. Selleks, et saada 85% hõivatuse määra, tuleks karja suurendada 80 lehmani, sealjuures vähendamata lüpside vahemikku (Andre jt 2010: 942). Veel suurema ehk 94% hõivatuse määra saavutamiseks tuleks suurendada lüpsilehmade arvu ja vähendada lüpsisagedust, sealjuures peaks keskmine lüpsirobotis viibimise aeg jääma



samaks (Castro jt 2012: 933). Karja suurendamine ei ole alati võimalik. See sõltub farmi spetsiifikast, limiteerivast maakasutusest, saadaolevatest vabadest lehmakohtadest, piimatoodangu kvoodist (Andre jt 2010: 951). Kvoodid on nüüdseks kadunud ning seega ei ole see enam piiravaks teguriks. Kui oma farmis piisav juurdekasv või karja täiendus puudub, tuleb vajalikud loomad sisse osta. Kui lehmad ostetakse teistest farmidest, siis on alati oht, et piima kvaliteet võib olla kehv ning lehmad võivad kanda haigusi (Hovinen, Pyörälä 2011: 549).



**Joonis 3.** Lehmade arv ühe lüpsiroboti kohta (Castro jt 2012: 931; Dohmen jt 2010: 4024; Belle jt 2012: 34)

Hõivatus määra saab suurendada ka lehma sagedamini lüpsma ajades, kuid selleks on vaja rohkem töölisi (Andre jt 2010: 951). Samas sagedasem loomade söötmine ei mõjutanud päevast lüpside arvu (Belle jt 2012: 37).

#### 1.3.4. Automaatse lüpsisüsteemi tasuvust kujundavad tegurid

Robot- ja tavalüpsisüsteemiga farme võrrelnud majandusuuringud on baseerunud peamiselt normatiivsetele mudelitele ning fookuseeritud eelkõige investeeringu tasuvusele. Hyde ja Engel leidsid 2002. aastal, et investeering automaatlüpsisüsteemi on tasuv. Vastupidiselt

Dijkhuizen järeltas 1997. aastal, et investeering automaatlüpsisüsteemi ei ole tasuv. Rotz tõi 2003. aastal välja, et robotlüpsisüsteem ei võimalda majanduslikku kasu enamusele farmidest Ameerika Ühendriigis. Need uuringud kasutasid erinevaid meetodeid ja eeldusi ning olid läbi viidud erinevates riikides. Ainuke empiiriline majanduslik võrdlus tava- ning robotlüpsisüsteemiga farmide vahel viidi läbi 2007. aastal Bijl jt poolt, kes järeltasid, baseerudes andmetele aastast 2003, et tavalüpsisüsteemiga farmidel on rohkem vaba raha rendiks, amortisatsiooniks, intressideks, tööjõuks ja kasumiks kui robotlüpsisüsteemiga farmidel. Need vähesed ning lahknevad tulemused teevad raskeks otsustamise, kas robotlüpsisüsteem on hea investeering (Steenefeld jt 2012: 7391).

Robotlüpsisüsteemid on kallid. Uuringu, mis hõlmas 62 Hollandi farmi keskmisi andmeid aastatel 2002-2003 tulemusel, on robotsüsteemi ostuhind koos hoone maksumusega 177 419.- eurot, aastane amortisatsioon 15 968.- eurot ning intress 4 879.- eurot, tavalüpsisüsteemil vastavalt 78 210.- eurot, 4 953.- eurot, 2 053.- eurot (Bijl jt 2007: 246).

Winnicki jt (2010) uuringu järgi muutub lüpsirobot majanduslikult tasuvaks kui aastane piimatoodang on pool miljonit kilogrammi. Kuna üks lüpsirobot suudab teenindada umbes 60 lehma, siis peaks ühe lehma aastane piimatoodang ületama 8 000 kg (Winnicki jt 2010: 85). Samas on automaatse lüpsisüsteemiga farmide keskmine lehmade arv lüpsiroboti kohta 55 (Deming jt 2013: 346).

Kui võrrelda USA ja Euroopa piimafarme, tuleb arvestada, et Ameerikas asuvad piimakarjad on suuremad, vajades rohkem robotsüsteeme, mis teeb investeeringu, hoolduse ja amortisatsiooni kulud märgatavalt suuremaks kui tavasüsteemi puhul oleks. Samas on USA-s ka madalamad tööjõukulud kui Euroopas (Steenefeld jt 2012: 7397).

Kui optimeerida lehmade individuaalseid lüpsiintervalle, siis karja päevane piimatoodang kasvas 1 883 kg-lt 1 909 kg-ni päevas (Andre jt 2010: 942). Otsene võrdlus automaatse ja tavalise lüpsmise vahel on raske, sest süsteemid erinevad rohkem kui ainult lüpsisageduselt (Kruip jt 2002: 2581). Oodatavalt on kapitalikulud robotsüsteemiga farmides kõrgemad kui tavasüsteemiga farmides. Need on põhjustud masinate ja seadmete kõrge hinnast ning suuremast amortisatsioonist, mis on tingitud lühemast kasutuseast. Samuti on automaatsel lüpsisüsteemil kõrgemad hoolduskulud ja selline süsteem vajab kiiremini asendust. Kahjuks pole saadaval usaldusväärseid andmeid robotsüsteemi eluea kohta (Steenefeld jt 2012: 7395). Nagu eeldasid Bijl jt (2007: 239), on robotsüsteemiga farmides märgatavalt

kõrgemad püsikulud: lepingu-, gaasi-, vee- ning elektrikulud. Automaatse lüpsisüsteemiga farmis olid need kulud 1,58 eurot 100 kg piima kohta, tavalise lüpsisüsteemiga farmis 1,22 eurot (Steeneveld jt 2012: 7395). Meringu (2015: 36) järgi on nii torusse- kui ka robotlüpsitehnoloogia kasutamisel ettevõttel suured energiakulud, kuid robotsüsteemi kasutusele võtu järgselt suurenesid need kulud veelgi (Sealsamas: 35). Väikesed mitteolulised erinevused tööjõu- ning materjalikuludes kompenseerivad robotsüsteemiga farimide kõrgemaid kapitalikulusid (Steeneveld jt 2012: 7395).

Robotsüsteemide üks eelisest on jõusööda sööturite kasutamisevõimalus. Sellega on kindlustatud jõusööda ligi 97% ärakasutamine lehmade poolt. Sellest tulenevalt võib eeldada, et söödakasutuse efektiivsus suureneb ning söödakulud vähenevad. Lehmadele saab jõusööta anda nii lüpsiboksis (1,0-3,4 kg päevas) kui laudas olevatest sööturitest (0,9-8,8 kg päevas). Kogused saab määrata igale lehmale individuaalselt sõltuvalt piimatoodangust, laktatsioonifaasist ja füsioloogilisest seisundist (Latvietis jt 2008: 274). Kuid tuleb arvestada, et lehm tarbib ühe kilogrammi sööta ligikaudu kolme minutiga. Järelikult, ühe lüpsiajaga seisab lehm robotis 5-8 min ja suudab tarbida 1,5-2,5 kg jõusööta. Ülejäänud kogus jõusööta tuleb anda sööturitest (Latvietis jt 2008: 271).

Robotsüsteemiga farmis on Oudshoorn jt (2012) järgi veiste väljaprakeerimise määr 19% kõrgem kui tavafarmis, mis võib olla tingitud sellest, et farmerid prakeerivad need lehmad, kellel on raskusi süsteemiga kohanemisel, kes lüpsavad liiga aeglaselt, keelduvad vabatahtlikult lüpsirobotisse sisenemast, kellel on sobimatu kuju või asetusega nidad ja udarad. Pärast robotsüsteemile üleminekut tõuseb prakeerimise määr üle 20% (Oudshoorn jt 2012: 30).

Tavalüpsisüsteemi kasutavatel farmeritel oli Bijl jt (2007) käsitletud võrdlusuuringu järgi suurem müügitulu kui automaatlüpsisüsteemiga farmides, kuid piimatootmise kogukasumis olulisi erinevusi ei olnud tänu tavafarmide suurematele muutuvkuludele (Bijl jt 2007: 239). Seega jätkub ka robotsüsteemide kasutamise kasv. Euroopa 2 600 piimafarmeri seas läbi viidud uuring kinnitas, et üle 40% uutest investeeringutest tehakse automaatsesse lüpsisüsteemi (Holloway jt 2014: 133).

## **2. TORUSSELÜPSILT ROBOTLÜPSISÜSTEEMILE ÜLEMINEK OÜ LÕUNAPIIM NÄITEL**

### **2.1. Andmed ja metoodika**

Uurimistöös on kasutatud OÜ Lõunapiim 2014. ja 2015. aasta jõudluskontrolli andmeid, sh kontrolllүpside andmeid. Lisaks on 2018. a kevadel saadud OÜ Lõunapiim 2017. aasta oktoobri, novembri ja detsembri ning 2018. aasta jaanuari kuni aprilli kontrolllүpside tulemused. Analüüsi kaasatakse ka robotlүpsiseadmete tootlikkuse, praakpiima osakaalu jt andmed samade kuude kohta. Kuna lehmad viidi torusselүpsiga laudast DeLavali robotlүpsisüsteemiga lauta väikeste gruppidenä ning mitme kuu jooksul, siis kindla kuupäeva seisuga võrdlus osutus võimatuks. Autor on töös kasutanud sündmuspõhiseid andmeid ehk 2014. aasta kuue kuu keskmiseid andmeid torusselүpsiga laudas enne robotlүpsisüsteemile üleminekut ning 2014/2015 aasta kuue kuu keskmiseid andmeid uues ehk robotssüsteemiga laudas peale üleviimist. Kokku viibis nimetatud perioodi jooksul robotsüsteemiga laudas 164 lehma. Neist valimisse sobis 67 lehma. Välja jäid need loomad, kellel polnud vajalikke andmeid kas enne või pärast robotlүpsisüsteemi viimist - loomad, kes viidi peagi tagasi algsesse lauta, hukkunud, samuti need, kes alustasid laktatsiooni robotsüsteemiga laudas. Kaasatud on ka andmed perioodist oktoober 2017 - aprill 2018 ehk kolm aastat peale lүpsisüsteemi vahetust.

Eesti Põllumajandusloomade Jõudluskontrolli andmebaasist Vissuke on saadud OÜ Lõunapiim igakuised kontrolllүpsi andmed, sealhulgas piima kvaliteedinäitajad - piimatoodangu kogused, rasva- ja valgusisaldused, somaatiliste rakkude arvud ning karbamiidi kogus. Kontrolllүpsi teeb ettevõtte üks kord kuus. Lehmade erinevate lautade vahel liikumiste kohta käiv info on võetud e-PRIAst. Loomade uude lauta sobimatuse põhjused on välja toodud OÜ Lõunapiim 2014. ja 2015. aasta Laudaraamatutest ning täpsustused saadud OÜ Lõunapiim loomakasvatuse juhilt. Lehmi identifitseeriti igal lehmäl oleva personaalse numbri alusel.

Töös on kasutatud ka OÜ Lõunapiim raamatupidamise ning majandusaasta aruannete andmeid aastatest 2014-2018, millest saamata jäänud tulu arvutamisel on kasutatud OÜ Lõunapiima vastava perioodi reaalsed piimahinda. Lүpsisüsteemi vahetuse mõju tootlikkusele hinnatakse osatootlikkuste kaudu. Sisendideks on keskmine lehmade arv,

töötajate arv, piimatoodang kilogrammides ning tööjõukulu (sisaldab palgakulu ja sotsiaalmakse) eurodes.

Tootlikkuse arvutamisel on väljunditeks piima kogutoodang kilogrammides ja müügitulu. Lisaks analüüsitakse järgmiseid kulusid lehma kohta ja ühe kilogrammi piima kohta: ravimikulu, elektrikulu ning seadmete hoolduse kulu eurodes. Võrreldavate andmete olemasolul võrreldakse saadud tulemusi teiste ettevõtete tootlikkuste ja kulude andmetega lehma kohta.

Statistilised analüüsid torusselüpsi- ja robotlüpsisüsteemiga lautades peetud lehmade andmetega on läbi viidud programmidega MS Exel ning SPSS. Kasutatud on võrdlusanalüüsi. Analüüsimiseks kasutati valmisse sobinud 67 lehma andmeid. Kontrolllüpsi tulemuste keskmisi (piimatoodang, rasva ja valgu protsent, somaatiliste rakkude ja karbamiidi suurus, lüpsisagedus) võrreldi t-testiga. Püstitatud hüpoteesid on järgmised:

$H_0$ : keskväärtused on samad,  $p > 0,05$ ;

$H_1$ : keskväärtused on erinevad,  $p < 0,05$ .

Kontrolllüpsi andmetest uuritakse piimatoodangu, somaatiliste rakkude arvu ning karbamiidi sisalduse puhul enne ja pärast robotlüpsisüsteemiga lauta toomise perioodide keskmisi näitajaid – kas näitajate vahelisi erinevusi on, kas näitaja väärtus langes või tõusis ning kui suured on erinevused. Et teada saada, kas lüpsisüsteemi muutus ning lauda vahetus mõjutab ka OÜ Lõunapiim keskmise lehma näitajaid, on vaatluse all ka küsimus, kuidas on ülemineku perioodil muutunud toodetud piima kogus lehma kohta 12 kuu keskmisena.

Andmete analüüsimiseks kasutati ka Spearmani korrelatsiooni. Sellega tuvastati kas torusselüpsisüsteemiga Kuremäe lauda piima keskmised rasva- ja valgusisaldused on korrelatsioonis torusselüpsisüsteemiga Kuremäe lauda keskmise piimatoodanguga ning uuriti korrelatsiooni robotlüpsisüsteemiga lauda 2015. aasta aprilli piimatoodangu ning lüpsisageduse vahel.

## **2.2. Lüpsisüsteemi vahetus OÜ Lõunapiim**

### **2.2.1. Ettevõtte OÜ Lõunapiim tutvustus**

OÜ Lõunapiim on Lõuna-Eestis Rõuge vallas asuv 1995. aastal asutatud ettevõtte. Nimetatud firma on mahetootja, mis tegeleb taime- ja loomakasvatusega. Põhitegevus on piimakarjakasvatus.

Töös kasutatavad andmed on aastatest 2014-2018. OÜ Lõunapiimas oli 31.10.2014 seisuga 284 lehma, sealhulgas lüpsvaid lehmi 229 ning lehmikuid 253. Piimatoodang lehma kohta 12 kuu keskmisena oli 6 918 kg. Lehmade keskmine vanus oli viis aastat ja üks kuu.

Ettevõttel oli kaks lüpsilauta - Kuremäe ja Keskuse laudad. Neist Kuremäe laut töötas aastaid, kuid Keskuse laut seisis pikalt tühjuna ning nüüd peale renoveerimist ja robotlüpsisüsteemide paigaldamist toodi lüpsilehmad taas lauta. Aastaks 2018 on Kuremäe laut suletud. Kuremäel olid lehmad jagatud nelja gruppi, neis igas 60 - 70 lehma. Lehmad olid laudas lõastatud. See tähendab, et lehm on aseme juurde kinnitatud ümber kaela paikneva spetsiaalse lõaga (Poikalainen 2006: 248). Looma asemetele uue allapanu lisamine ning ka asemete puhastamine toimus käsitsi. Sõnnikurenni kogunenud sõnnik eemaldati traktoriga. Selle töö käigus oli oht looma vigastamiseks. Tööl oli korraga neli lüpsjat ning lüpsmiseks kasutati torusselüpsisüsteemi. 2014. aasta oktoobris valmis Mõniste alevikus asuvas Keskuse laudas kahe DeLvali VMS robotiga robotlüpsisüsteem ehk täielikult automatiseeritud lüpsisüsteem. Oktoobris toodi renoveeritud lauta esimesed lehmad. Enne uude lauta üleviimist paigaldati lehmadele lisaks olemasolevatele kõrvamärkidele ka elektrooniline kõrvamärk, mida robotlüpsisüsteem suudaks lugeda ning lehma identifitseerida. Lehmad saavad laudas vabalt liikuda, kas lüpsma, sööma või puhkama. Sõnnikut eemaldab automaatne sõnnikukraap. Robotlüpsisüsteemiga laudas on korraga tööl ainult üks tööline, kes lisaks lüpsilehmadele hoolitseb ka kõrvalruumides olevate lõpstiinete loomade ning vasikate eest.

Üks robotlüpsisüsteemile ülemineku põhjustest oli nõue, et maheveiseid ei tohi enam lõas pidada. Kuna Kuremäe laudas oli torusselüpsisüsteem, siis seal loomi vabalt pidada polnud võimalik. Seega oli uue lauda ehitamine ainus võimalus mahetootmisega jätkamiseks.

Nimetatud Keskuse laud oli Eestis esimene mahepiima tootev robotlaud. Lõunapiim OÜ juht Meelis Mõttus on öelnud, et investeering lauda läks maksma umbes 800 000.- eurot, sealhulgas 330 000.- eurot PRIA toetust. Ametlik lauda avamine oli 2015. aasta jaanuaris. Selles laudas soovitakse toota kvaliteetset piima, mis sobiks kvaliteetjuustude valmistamiseks. Võimaldamaks turistidele lauda külastamist ning lehmade ja robotite jälgimiseks on lauda paigaldatud spetsiaalsed läbipaistvad vaheseinad.

Kui Kuremäe laudast viidi kogu piimatoodang Võrru Valiosse, siis Keskuse lauda ruumides on võimalik toorpiima kohapeal pakendada. Joonisel 4 on näha OÜ Lõunapiima toorpiima tooteid.



**Joonis 4.** OÜ Lõunapiim pakendatud toorpiim ning toorpiimast valmistatud juust (foto: Maheklubi)

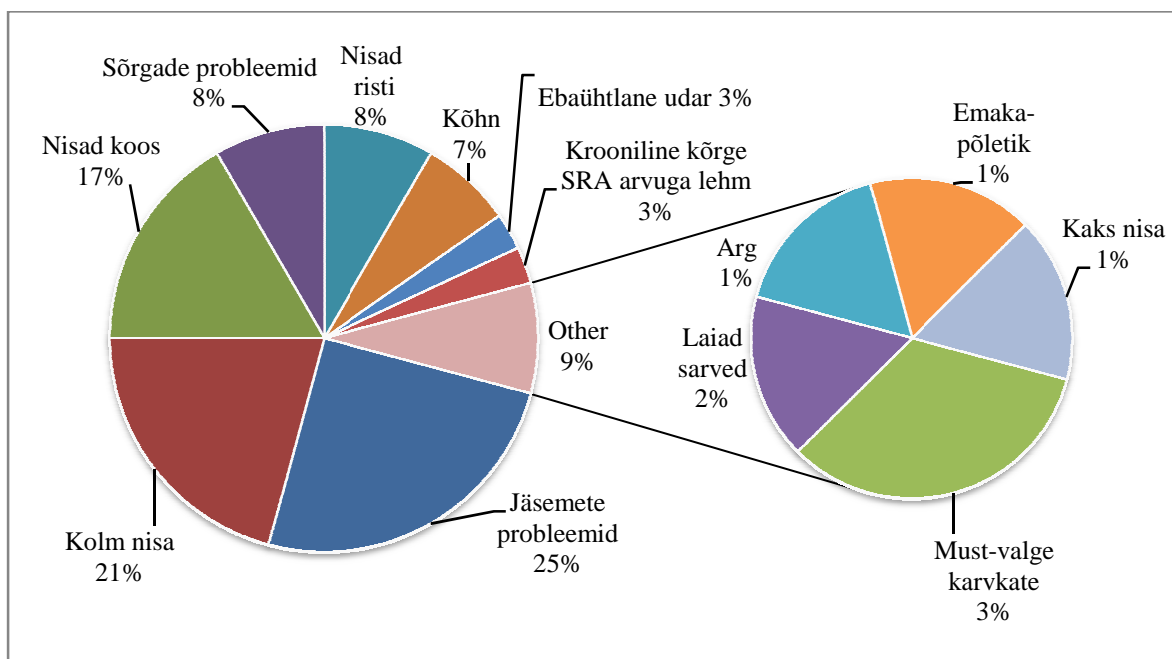
Nimetatud toorpiim tuli esimesena müüki Metsavenna talu poodi Vastse-Roosa külas Rõuge vallas. Pakendatud toorpiima on 2018. aastal võimalik osta ka COOP-i ketti kuuluvatest kauplustest. Osa toodangust töödeldakse juustuks Metsavenna talu köögis.

### **2.2.2. Torusselüpsisüsteemilt üleminek automaatsele lüpsisüsteemile**

OÜ Lõunapiim Kuremäe laudas oli kasutusel torusselüpsisüsteem. Üleminek automaatsele lüpsisüsteemile ehk DeLvali VMS lüpsirobotitega lüpsmisele otsustati teha järk-järgult.

Loomad viidi uude, hiljuti renoveeritud Keskuse lauta väikeste gruppide kaupa. See andis töötajatele rohkem aega uue süsteemiga harjumiseks ning loomadele kohanemiseks.

Kuna aastal 2014 oli alles ka Kuremäe laut, siis oli uude lauta võimalik loomi selekteerida ning valida sobivaimad lehmad. Valiku kriteeriumiks oli, et üleviidav loom oleks soovitatavalt esimeses või teises laktatsioonis, hiljuti poeginud ning haigustevaba. Tegelikult ilmnis, et loomadel olid erinevad probleemid, mis tegi nad automaatse lüpsisüsteemi jaoks sobimatuks (joonis 5). Vabapidamisega lauda jaoks on väga oluline, et loomal poleks jäsemete probleeme. Robotlüpsisüsteemi jällegi ei sobi udaraprobleemidega loomad.



**Joonis 5.** Lehmade üleviimist takistanud probleemid 2014. aastal

Karja nendest lehmadest, kes vanuse ja laktatsiooni järgi oleks üleviimiseks sobinud, oli probleemidega lehmaid 72. Kõige hoolikamalt jälgiti, et üleviidavatel loomadel poleks jäsemete probleeme. Kuna lehmad olid lõaspidamisel ning pääsesid välja jalutama ja sööma ainult suveperioodil, polnud nad harjunud pidevalt liikuma. Halvasti mõjus loomadele ka asemel olev betoonpind. Jairus (2017: 12) järgi on loomade betoonpõrandal pidamisel tihe seos sõrgade tervisega - kõva pind tekitab ülekoormust ning biomehaanilised katsed näitasid, et betoonpõrandal seisvatel lehmadel jaotub rohkem raskust



tagajalgadele ja peamiselt sõra välimisele osale, mille tulemusena esineb neil ka kõige enam haavandeid. Jäsemete probleem oligi kõige suurem - 25%-l sobimatutest lehmadest oli erinevaid jäsemete vigu ja haigusi. Kui siia lisada ka 8% lehmi, kellel oli sõraprobleemid, on jäsemete probleemidega loomade arv veelgi suurem. Pehme sõrgatsiga loomad ei saa betoonpõrandal valu tõttu liikuda. Haigete jäsemetega loomi ei saa kindlasti lüpsirobotiga lauta viia, sest seal on pidev liikumine lüpsiroboti, sööda- ja magamisala vahel.

Teiseks suureks probleemiks oli automaatseks lüpsiks sobimatud nidad. Kokku 34 lehmale oli ainult kaks või kolm nida, nidad liiga koos või asusid risti. Ainult kahe või kolme lüpsva nida olemasolu küll ei takista lüpsirobotiga lüpsmast, sest automaatne lüpsiprogramm võimaldab olematu nida programmist eemaldada. Otustati siiski, et kuna on võimalik valida, siis esialgu selliseid loomi uude lauta ei viia. Risti või liiga koos asuvate nidadega on suurem probleem, sest lüpsiroboti lasersilm ei suuda neid õigesti tuvastada ning võib valesti pesta (ühete nida kaks korda ning teine jääb üldse pesemata) või tekib probleeme nisakannude kinnitamisega (on juhuseid kui lüpsirobot kinnitas ühte nisakannu kaks lähedal asuvat nida) ja nida üles leidmisega (korduv nida otsimine muudab lüpsiprotsessi liiga pikaks).

Muid probleeme oli 8% loomadest. Kindlasti ei tohi uude lauta viia haigeid loomi, keda peaks kohe ravima hakkama (nt emakapõletikuga). Kui loom on tervenunud, võiks üleviimist uuesti kaaluda. See ei kehti 3%-i krooniliste kõrgete somaatiliste rakkude arvuga lehmade kohta, kes nakataksid teisi ja pikendaksid lüpsiprotsessi, kuna lüpsirobot peaks peale sellise lehma lüpsmist tegema lisa süsteemipesu. Kõhnadel loomadel (7%) tuleks kindlaks teha, kas see on tingitud mõnest haigusest või vähesest söömisest. Söömisprobleemidega loom jääks lüpsirobotiga laudas veelgi kõhnemaks, sest seal on ühised söödalavad, kus kehtib tugevama looma reegel. Samal põhjusel ei sobi ka lüpsirobotisse arad loomad, sest neid hakatakse peksma ja söödast eemale tõrjuma. Loomade üleviimisel ilmnes ka probleem, millele algul ei osatud tähelepanu pöörata - kuna enamuse lüpsikarja on eesti punast tõugu, siis teistega ei sobinud kokku must-valge karvkattega ehk eesti holsteini tõugu piimaveised. Neid hakati punaste lehmade poolt peksma. Seega edaspidi loobuti selliste loomade karja viimisest ja jäeti nad vanasse lauta. Ühel loomal olid ka liiga laiad sarved, mis takistasid teda lüpsirobotis lüpsmast ja jõusöödaannustist söömast.

## **2.4. Piimatoodang robotlüksisüsteemile üleminekul ja ülemineku järgselt**

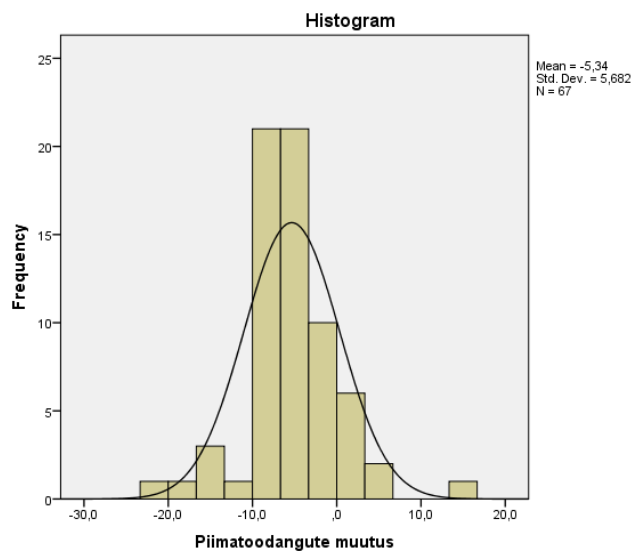
### **2.4.1. Veiste piimakus karja keskmisena**

Piimatoodangu suurus on piimatootjale väga oluline, sest piima müügist saadud raha on põhiline tuluallikas. Igasugused muutused aga mõjuvad lehmadele ning nende tagajärjel võib piimatoodang langeda.

Üleminekul torusselüksilt robotlüksisüsteemile on muutused suured. Seni lõas olnud, kaks korda päevas kindlal ajal lüksja poolt lüksitud loomad peavad nüüd harjuma vabaduse, pideva liikumise, lüksiroboti ning muutuva lüksiajaga. Robotlüksisüsteemi plussiks on see, et kuna nisakannud kinnitatakse udarale ükskhaaval ning udaraveerandi tühjenemisel eemaldatakse nisakann kohe, ei teki udarat kahjustavat tühilüksi. Torusselüksisüsteemi korral eemaldatakse kõik neli nisakannu korraga ning seetõttu võib mõnes udaraveerandis olla ala- või ülelüksmine. DeLvali robotlüksisüsteem võimaldab ka eraldi jälgida igast udaraveerandist saadavat piimakogust.

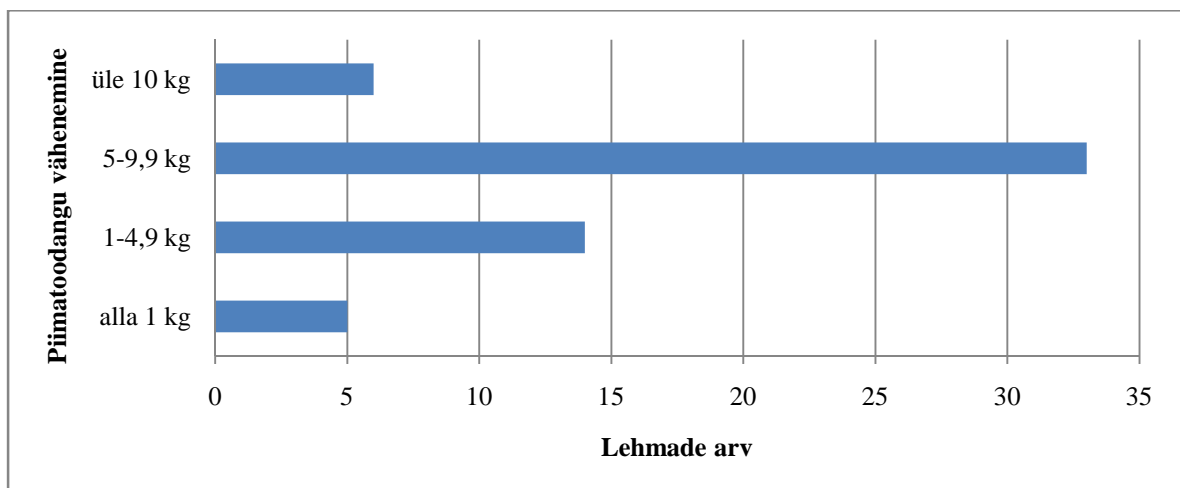
Kui vaadelda samade lehmade kahe lauda keskmisi päevaseid piimatoodanguid (lisa 2), on näha, et torusselüksiga laudas on keskmine piimatoodang lehma kohta 22,218 kg ning robotsüsteemiga laudas 5,34 kg väiksem ehk 16,878 kg. See on 24% langus. Laurs, Priekulis (2009: 351) järgi on uuele tehnoloogiale ülemineku järgselt piimatoodangu vähenemine keskmiselt 50-70%. Kuna T-testiga saadud p oli väiksem kui 0,000 tuleb siiski vastu võtta otsus  $H_1$  ehk robotlüksisüsteemile üleminekul on statistiliselt oluline mõju piimatoodangu kogusele.

Joonisel 6 on piimatoodangu muutuste sageduste historgamm. Kõigi muutuste keskmine on -5,34 ehk piimatoodang vähenes 5,34 kg lehma kohta.



**Joonis 6.** Piimatoodangu muutuste histogramm

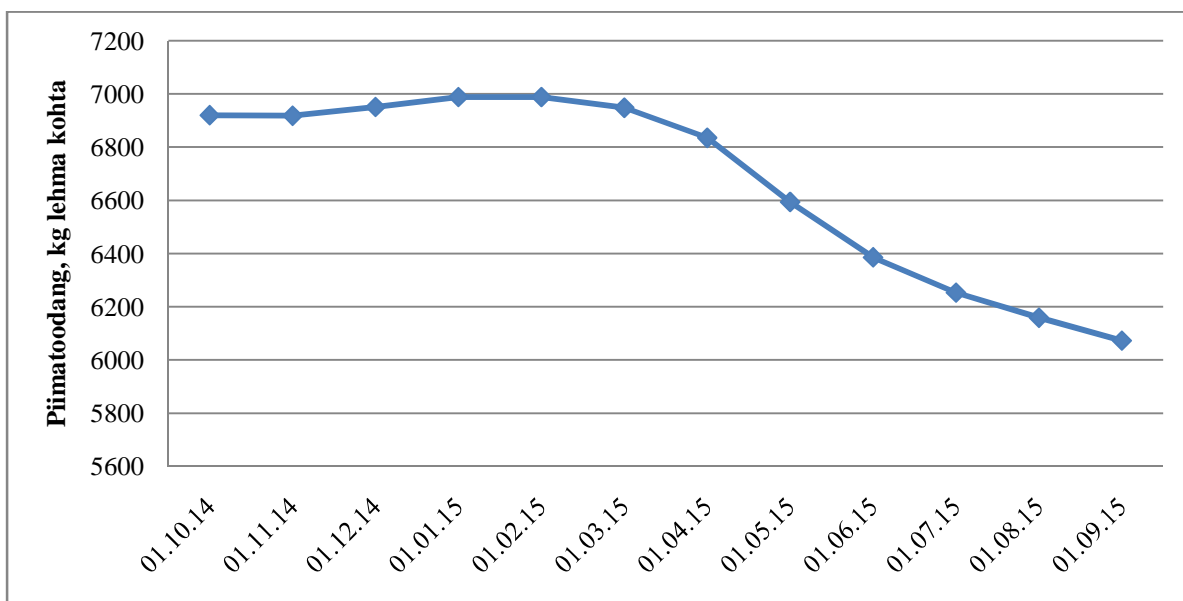
Kuna eesmärgiks on teada saada, kas lehma piimatoodangut mõjutab lauda ja lüpsisüsteemi vahetus, siis on analüüsitud ainult nende lehmade andmeid, kes olid enne üleviimist lüpsile tulnud ning nende piimatoodangud olid teada. Kui vaadelda lähemalt neid 67 lehma, kes valimisse sobisid, siis piimatoodang tõusis üheksal lehmal. Keskmise päevatoodangu tõus oli 4,1 kg. Minimaalne tõus oli 0,4 ning maksimaalne 14,2 kg. Samas piimatoodang langes 58 lehmal (joonis 7).



**Joonis 7.** Piimatoodangu vähenemine robotlüpsisüsteemile üleminekul

Keskmine päevatoodangu langus oli 6,8 kg. Nagu on näha jooniselt 7, siis 47 lehmale ehk 81% lehmadest jäi piimatoodangu langus vahemikku 1-10 kg, sealhulgas 1-4,9 kg langes toodang 14 lehmale ning 5-9,9 kg võrra 33 lehmale.

Nagu selgus, siis robotsüsteemiga laudas piimatoodang langes märgatavalt. Robotlüpsisüsteemile ülemineku mõju kogu OÜ Lõunapiim piimatoodangule on näha jooniselt 8, kus on kajastatud nimetatud perioodi lehmade 12 kuu keskmine toodetud piim. Ka siin on tegu langustendentsiga. Üheks põhjuseks on kindlasti see, et robotsüsteemiga lauta üleviimiseks valiti kõrgema piimatoodanguga loomad ning kahjuks nii mõnigi neist hukkus ja mitmed haigestusid. See pole kindlasti ainus põhjus. Mõju avaldas ilmselt nii söötmissüsteemi kui ka keskkonna muutus. Robotlüpsisüsteemile üle minnes eeldati, et lehmale toodangu suuruse järgi jõusööda manustamine ning suurem lüpsisagedus tõstavad piimatoodangut. Täpsemad põhjused selguksid pikemaajalisest uuringust. Kuna tavaliselt on lehmadel sügisel kõige madalam toodang, siis selle teooria tõestuseks oleks vaja pikemat uurimisperioodi, kus poleks olulisi muutusi nagu lüpsisüsteemi ja lauda vahetus.



**Joonis 8.** OÜ Lõunapiim 12 kuu keskmine piimatoodang lehma kohta perioodil oktoober 2014 kuni september 2015 ehk robotlüpsisüsteemile ülemineku perioodil

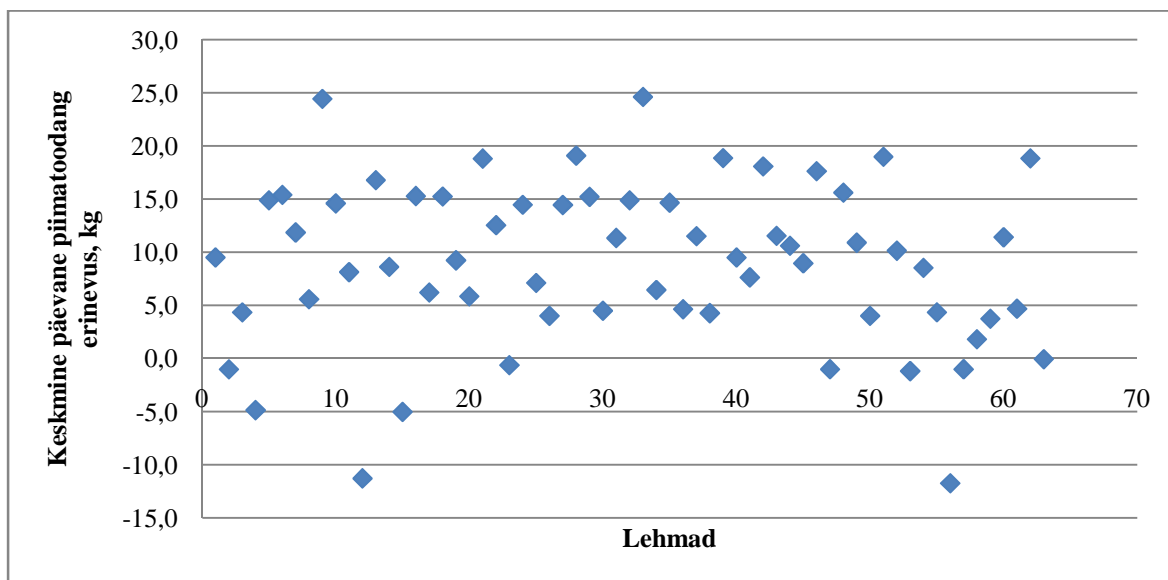
OÜ Lõunapiim lehmade piimatoodang on hulga väiksem Eesti keskmisest piimatoodangust lehma kohta, mis 2014. aastal oli Statistikaameti andmetel 8 233 kg, Võrumaa keskmine oli samas 7 667 kg [PM1740]. Kuna OÜ Lõunapiim on mahetootja ning karjas enamuse

moodustavad eesti punast tõugu lehmad, kelle piimatoodang on võrreldes holsteini tõugu lehmadega väiksem, siis on ka Eesti keskmisest madalam piimatoodang põhjendatud. Tabelist 2 näeme, et 2014. aastal oli OÜ Lõunapiim eesti punase tõu keskmine laktatsioonitoodang 6 840 kg ning eesti holsteini tõul 7 131 kg. Tabelist on näha ka seda, et lehmadel on esimesel laktatsioonil kõige madalam toodang.

**Tabel 2.** OÜ Lõunapiim lehmade keskmised laktatsioonitoodangud aastal 2014.

Laktatsioon	Karja 2014.aasta keskmine piimatoodang, kg	
	eesti eunane tõug	eesti holsteini tõug
I	6185	6806
II	7168	8030
III	7159	7112
Karja keskmine	6840	7131

2018. aasta aprilliks on laudas oleva 124 lehma hulgas 63 lehma, kes viidi robotlauda töölerakendamise järel esimese kuue kuu jooksul üle. Kui vaadata nende lehmade piimatoodangut peale robotsüsteemi viimist ning aastal 2018, siis on jooniselt 9 näha, et keskmine päevane piimatoodang on vähenenud 16%-l ehk kümnel lehmal.



**Joonis 9.** 2017/2018. aasta päevase piimatoodangu erinevus võrreldes robotsüsteemile ülemineku järgse perioodi keskmisega

Arvatavasti on madalam piimatoodang põhjustatud sellest, et nimetatud lehmad on oma laktatsiooni lõppjärgus. 53-l lehmäl (84%) on piimatoodang võrreldes robotlüksile ülemineku algusega suurenenud. Kahel lehmäl suurenes toodang 25 kg võrra. Ka karja keskmine päevane piimatoodang oli 2018. aasta aprillis 26,45 kg piima päevas. Võrreldes üleminekuajaga kui keskmine piimatoodang oli 16,88 kg päevas, on toodangu suurenemine märkimisväärne.

Tuginedes ka Fadeeva (2012: 24) magistr tööle, milles kasutati viie robotlüksisüsteemi kasutava Eesti ettevõtte andmeid, kus kõigis ettevõtetes piimatoodang lehma kohta suurenes, oli ka loota, et OÜ Lõunapiim piimatoodangu esialgne langus oli ajutine. Robotlüksisüsteemile üleminekule aja madalat piimatoodangut põhjustas kindlasti ka see, et üle viidi noored loomad. Nagu oli näha ka tabelist 2, siis OÜ Lõunapiim lehmadel on esimesel laktatsioonil kõige madalam piimatoodang.

2017. aasta kogutoodang oli OÜ Lõunapiim 901 163 kg, mis on peaaegu kaks korda väiksem kui aastal 2014. Tabelist 3 on näha, et robotlüksisüsteemile ülemineku järgselt piimatoodang langes. Vähenes ka OÜ Lõunapiim lehmade arv. Peale keerulist ülemineku aastat 2015 liigub asi paremuse suunas. Kui aastal 2015 oli müügitulu lehma kohta ainult 1 870,72 eurot, siis aastaks 2017 on see tõusnud juba 3 483,97 euroni, millest muidugi olulist rolli mängib piima hinna 20% tõus.

**Tabel 3.** OÜ Lõunapiim lehmade kogutoodang ning müügitulu aastatel 2014-2017.

Aasta	Kogutoodang, kg		Kokku, kg	Keskmine lehmade arv	Müügitulu, eur	Müügitulu lehma kohta, eur	Piimatoodang lehma kohta, kg
	Tavalaut	Robotlaut					
2014	1737450	53858	1791308	282	780792	2768,77	6352,16
2015	1153987	459921	1613908	276	516319	1870,72	5847,49
2016	...	...	755032	116	334940	2887,41	6508,90
2017	X	901163	901163	138	480788	3483,97	6530,17

Märkused:

1. Tähtis "... " tähendab, et näitaja pole kättesaadav.
2. Tähtis "X" tähendab, et näitajat ei eksisteeri.

FADN järgi oli 2013. aastal keskmine müügitulu lehma kohta 867,48 eurot, samal ajal Nigula Piim OÜ-s 3 052,18 eurot (Saarma 2015: 63).

#### **2.4.2. Piima rasva- ja valgusisaldus automaatsele lüpsisüsteemile üleminekul**

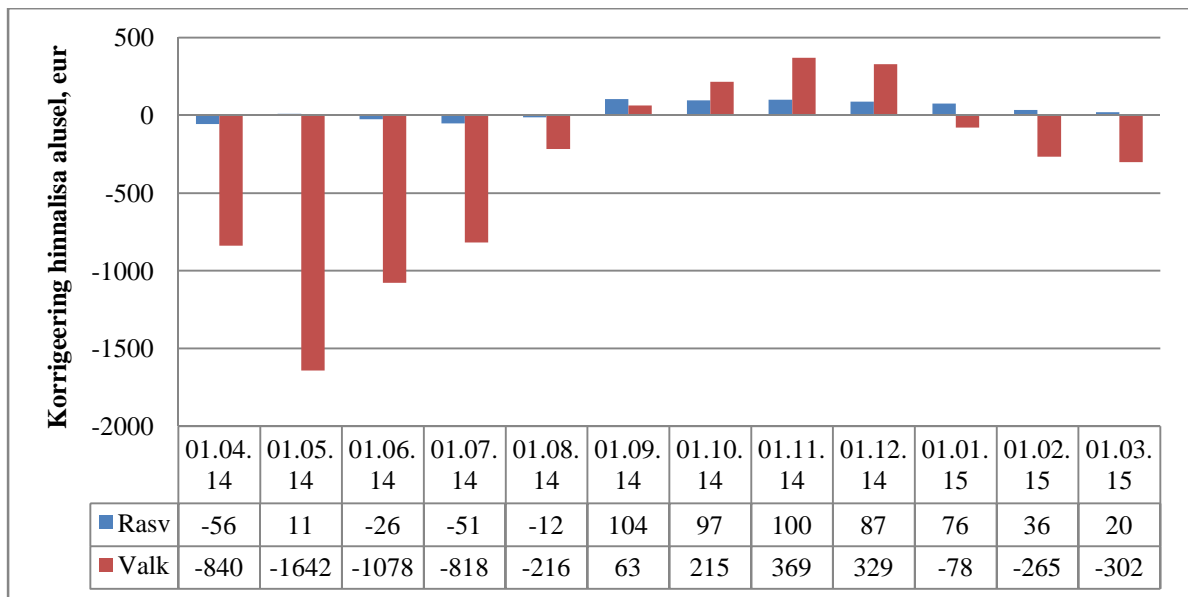
Rasva- ja valgusisaldused on olulised näitajad, kuna tootjale piima kokkuostjate poolt piimatoodangu eest makstavat summat korrigeeritakse rasva- ja valgukoefitsendiga.

Piima koostist torusselüpsisüsteemiga laudas mõjutab lehmade söötmine kindlatel kellaaegadel, vastupidiselt robotsüsteemiga laudale, kus loomadel on toidule vaba juurdepääs ööpäev läbi. Kindlad söötmisajad aga mõjutavad piimakoostist, mistõttu on hommikuse lüpsi piima rasva- ja valgusisaldus erinev õhtuse lüpsi omast. Tõesemate andmete saamiseks tehakse torusselüpsisüsteemiga laudas vahelduvat kontrolllüpsi ehk ühel kuul võetakse proovid hommikul ja järgmisel kuul õhtusel lüpsil. Kuna antud töös on võetud kuue kuu keskmised näitajad, siis võime eeldada, et saadud keskmised peegeldavad tegelikku piima rasvasisaldust.

Võrreldes piima rasvasisalduse keskmisi tavalüpsisüsteemiga laudas robotlüpsisüsteemiga laudaga on näha (lisa 3), et rasvasisaldus on suurenenud 4,224%-lt 4,387%-ni. Piimatoodangu tõustes rasvasisaldus väheneb, mida on näha ka piimatoodangu ja piima rasvasisalduse korrelatsiooni analüüsist (lisa 4). Tehes nimetatud analüüsi Kuremäe lauda ehk tavalüpsisüsteemiga lauda piimatoodangu ja piima rasvasisalduse vahel, on tulemuseks korrelatsiooni koefitsent -0,524 ehk lehma piimatoodangu tõustes rasvasisaldus vähenes. Kuna ettevõttes piimatoodang robotlüpsisüsteemile üle minnes langes, siis sellele järgneski piima rasvasisalduse tõus.

Piima valgusisaldus on sarnaselt rasvasisaldusega oluline majandusnäitaja, kuna tootjale piimatoodangu eest makstavat summat korrigeeritakse valgukoefitsendiga. Kuna OÜ Lõunapiim töötleb osa toodangut juustuks, siis ei soovi nad kindlasti, et piima valgusisaldus langeks.

Lisas 5 toodud andmete analüüsist on näha, et sarnaselt piima rasvasisaldusele on ka piima valgusisaldus lehmade tavalüpsisüsteemiga laudast robotlüpsisüsteemiga lauda üleviimisel suurenenud. Kui enne oli piima valgusisaldus keskmiselt 3,26%, siis robotsüsteemiga laudas oli see 3,43%. Korrelatsioonanalüüs (lisa 6) näitab, et seos piimatoodangu ja piima valgusisalduse vahel on olemas. Korrelatsiooni koefitsent -0,512 tõestab, et piimatoodangu langedes piima valgusisaldus tõuseb. Valgu- ja rasvasisalduse olulisus piima müügitulus on näha jooniselt 10.



**Joonis 10.** Rasva- ja valgusisalduse mõju OÜ Lõunapiim piima müügihinnale jaanuar 2014 - aprill 2015, eurot

Jooniselt on selgelt eristatav, et näiteks suveperioodil, kui toodang on tõusnud, on samas piima valgu- ja rasvasisaldus langenud ning seetõttu vähenenud ka ettevõtte müügitulu võrreldes baasilise hinna alusel saadavaga. Robotlüpsisüsteemi kasutuselevõtmisel ning sellega kaasnenud piimatoodangu languse ja selle tagajärjel toimunud piima valgu- ja rasvasisalduse kasvuga, on ettevõtte saanud baashinnast kõrgemat tulu. 2015. aasta jaanuari andmetel, kui loomad olid juba uue lüpsisüsteemiga harjunud ning piimatoodang tasapisi tõusmas, on näha, et piima valgusisaldus on hakanud langema ning seetõttu vähendati ettevõtte piima eest saadud müügitulu baashinda joonisel toodud summade võrra.

## 2.5. Loomade tervis robotlüpsisüsteemile üleminekul

### 2.5.1. Piima somaatiliste rakkude arvu ning karbamiidi sisalduse muutus

Piimas olevate somaatiliste rakkude arv on üks piima kvaliteedi ning samas ka looma tervise näitajatest. Somaatilised rakud on keharakud, mida leidub ka normaalses piimas vähesel arvul. Kui piima somaatiliste rakkude arv järsult suureneb, siis harilikult on sellisel



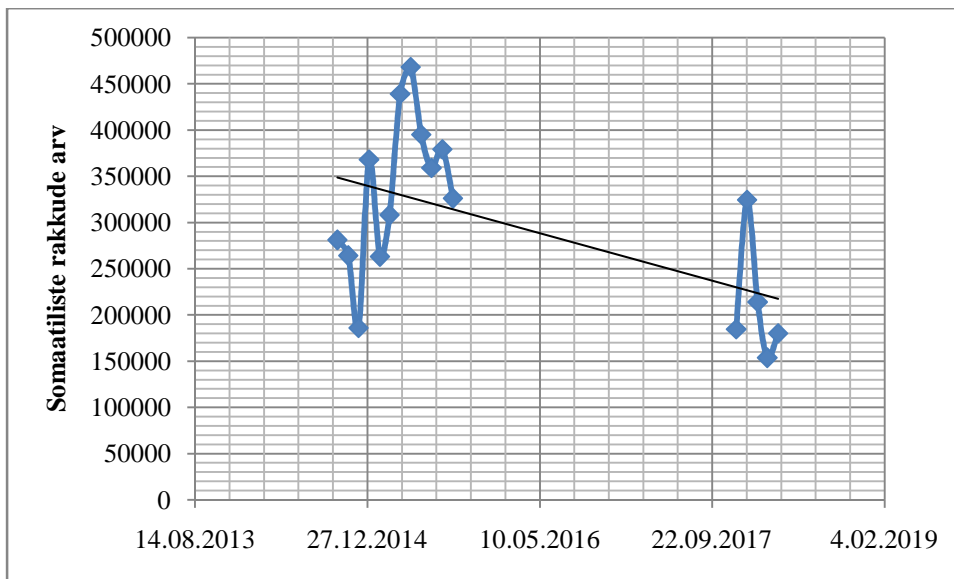
puhul tegemist udarapõletikuga (Kiiman 2010: 28). Udarapõletikuga kaasneb piimatoodangu langus ja piima kõlbmatus müügiks, samuti suured ravikulud. Haige lehma ravijärgselt on ka tema piima müük keelatud. Halvemal juhul võib vajalikuks osutuda haige looma prakeerimine. OÜ Lõunapiim robotsüsteemile ülemineku tõttu prakeeritud lehmadest oli 3% põhjuseks kõrge somaatiliste rakkude arv, mis ei allunud ravile.

Tavalüpsisüsteemiga laudas puhastas lüpsja igal lehmal udara ning tegi ka eellüpsi. Kõiki udaraid puhastati seni kuni saavutati vajalik puhtus. Eellüpsil saadud piima sai lüpsja visuaalselt hinnata ning avastada kõrvalekalded normaalsusest, näiteks tükkide või vere leidumist piimas. Robotlüpsisüsteemiga laudas tehakse udara puhastus automaatselt. Väga musta udaraga loom võib jääda ka peale pesu mustaks. Ka piima kõlblikkuse üle otsustab robotlüpsisüsteem ning sobimatu piim juhitakse kõrvale. Kõrvalekalletest piima näitajates annab süsteem märku oma alarmnimekirjas.

Kui lehma udar on terve, siis on piima somaatiliste rakkude arv 50 000 või madalam (Kiiman 2010: 28). OÜ Lõunapiim lehmade üleviimisega robotlüpsisüsteemiga lauta, tõusis somaatiliste rakkude arv piimas 141 000-lt 326 000-ni (lisa 7). Tõus oli seega 185 000 ehk 2,3-kordne. Kogu karja tegelik keskmine tõus oli aga kindlasti suurem, sest antud töö valimist jäid välja haiged loomad, kelle kohta ei olnud piisavalt andmeid, sest neile ei tehtud kontrolllüpsi. Robotsüsteemiga laudas on haiged loomad teistest eraldatud ning seega ei osale nad lüpsil ega ka kontrolllüpsil.

OÜ Lõunapiim keskmine somaatiliste rakkude arv on Eesti teiste piimatootjatega võrreldes siiski hea. Näiteks 2008. aastal jäi Jõudluskontrolli andmetel kontrollpäeva piima somaatiliste rakkude arv jõudluskontrollialustes farmides vahemikku 376 00 - 424 000 (Kiiman 2010: 28). Kuid kuna OÜ Lõunapiim lehmade piimatoodang on senini kuulunud eliit kvaliteediklassi, siis piima somaatiliste rakkude arvu tõustes on oht langeda kõrgema klassi piima hulka.

Piimas olevate somaatiliste rakkude dünaamika on näha ka jooniselt 11.



**Joonis 11.** Karja keskmine piima somaatiliste rakkude arv kontrollpäeval

Novembris ja detsembris pole näha somaatiliste rakkude tõusu, kuna loomade üleviimine toimus alati peale kontrolllõpsi ning kui nad jäidki uues laudas haigeks, siis järgmisel kontrolllõpsil nende piima ei võetud. Janštova jt (2011: 209) aasta uuringus leiti, et somaatiliste rakkude arv tõusis peale üleminekut esimese kolme kuu jooksul. Sama on näha ka OÜ Lõunapiim andmetest. Loomade suurem üleviimine toimus perioodil oktoober 2014 kuni märts 2015. Maist alates on näha, et OÜ Lõunapiim keskmine somaatiliste rakkude arv on langus tendentsis. 2018. aastaks on keskmine somaatiliste rakkude arv langenud.

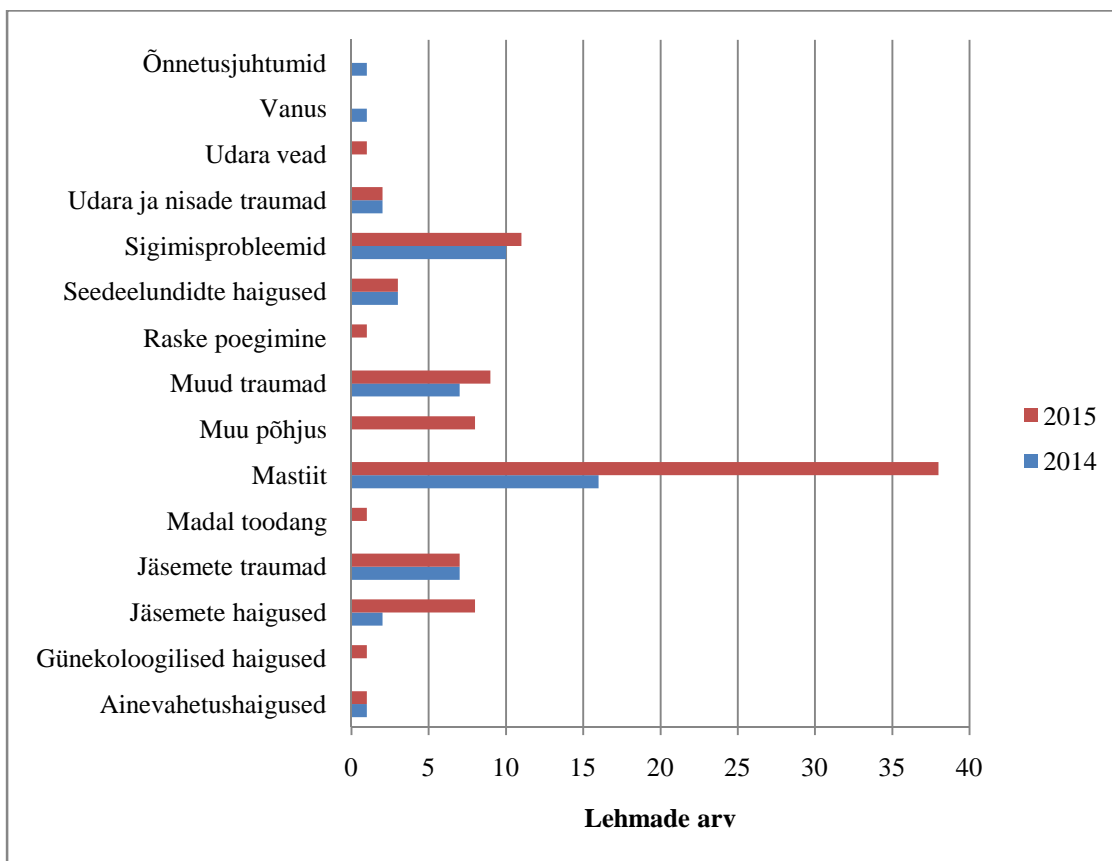
Kuna karbamiidi sisaldus üle 400 mg/l kohta on looma tervisele ohtlik, siis on karbamiidi sisaldus piimas oluline tervise näitaja. Karjas võiks see olla kuni 270 mg/l. Torusselüpsisüsteemiga laudas oli normist kõrgema piima karbamiidi sisaldusega viis lehma, robotlõpsisüsteemiga laudas seitse lehma, sealhulgas kahel oli juba enne ületoomist piimas kõrgem karbamiidi sisaldus. Tervisele ohtlikku näitajat ei olnud kummagi lauda loomadel. Torusselüpsisüsteemiga laudas oli kõrgeim karbamiidi sisaldus 338, robotlõpsisüsteemiga laudas 391. Viimane näit on juba väga lähedal ohtlikkusele.

Lisas 8 toodud t-testi tulemustest on näha, et  $p$  oli 0,631. Seega robotlõpsisüsteemile üleminekul ei olnud statistiliselt olulist mõju piima karbamiidi sisaldusele. Keskmised karbamiidi sisaldused oli tavalõpsisüsteemiga laudas 223,5 ning robotlõpsisüsteemiga laudas 226,3.

### 2.5.2. Veiste väljalangemine

Lehma karjast väljalangemine haiguse või õnnetuse tõttu on ettevõttele majanduslikult kahjulik. Vasikast lehma üleskasvatamine esimese laktatsioonini võtab aega mitu aastat ning kui lehm on karjas vähe aega, on ettevõtte teinud rohkem kulusid kui saanud tulu - nii sündivate vasikate kui piima müügi näol.

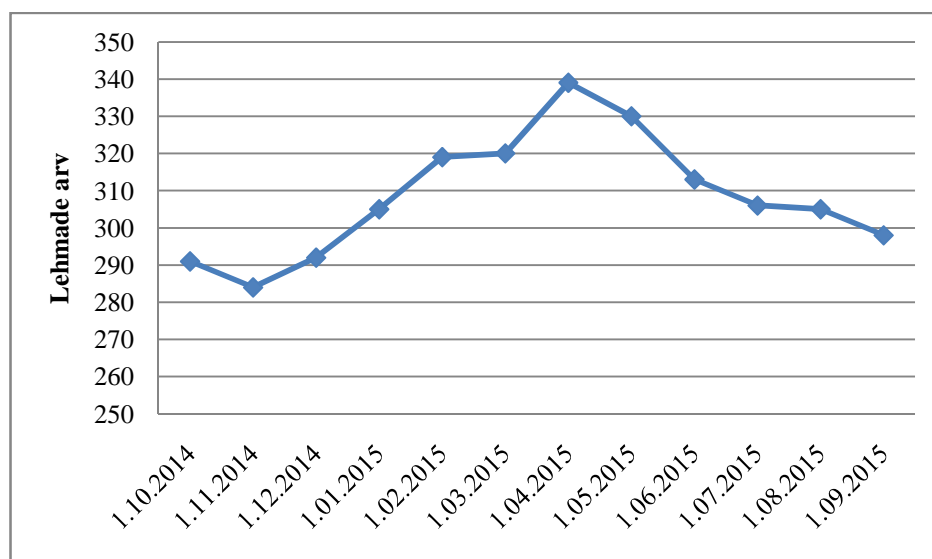
Pihlapuu (2017: 28) ning Fadeeva (2012: 37) järgi on eesti punast tõugu lehmadel kõige olulisemaks praakimise põhjuseks mastiit (27,1%), sellele järgnesid jäsemete probleemid (16,03%) ja sigimisprobleemid (15,13%). Joonisel 12 on toodud OÜ Lõunapiim prakeeritud lehmade arv ja karjast väljamineku põhjused aastatel 2014 ja 2015. Jooniselt on välja jäetud lehmade elusmüük, kuna sellel polnud otsest seost robotlõpsisüsteemile üleminekuga.



**Joonis 12.** Lehmade prakeerimise põhjused OÜ Lõunapiim aastatel 2014 ja 2015

2014. aastal läks kõige rohkem loomi välja mastiidi (16 lehma), sigimisprobleemide (10 lehma) ning traumade tõttu (jäsemete traumad seitsmel lehmale, sealhulgas neli lehma robotsüsteemiga laudast ning muude traumadega seitse lehma, sealhulgas kaks lehma robotsüsteemiga laudast). Ka 2015. aastal oli suurim väljamineku põhjus mastiit. Kui eelneval aastal läks sel põhjusel karjast välja 16 looma, siis 2015. aastal juba 38 lehma. Udarapõletike arvu tõusu võis aimata juba robotsüsteemiga lauda kõrgematest somaatiliste rakkude arvust. Samuti oli suur traumade hulk - 2015. aastal 18 loomal. Ravimatuid jäsemete haigusi oli kaheksal loomal. Sigimisprobleemidega loomade arv polnud märgatavalt suurenenud. 2015. aastal läks sel põhjusel karjast välja 11 lehma. Kuna OÜ Lõunapiim laudas ei ole spetsiaalseid inna avastamise seadmeid, siis tuleb indlevate loomade leidmisega hoolas olla. Kui tavasüsteemiga laudas näevad nii lüpsjad kui päeva- ja öövalve iga looma mitu korda päevas ning saavad visuaalselt hinnata inna olemasolu, siis robotsüsteemiga laudas tuleb töölisel hoolas olla ning mitmeid kordi päevas karja sees loomi vaatlemas käia. Piimatootmisettevõtetes toob hiline inna avastamine kaasa liiga pika poegimisvahemiku ning loom läbib oma eluea jooksul vähem laktatsiooni.

Kui 2014. aasta prakeeriti karjast 50, siis 2015. aastal 91 looma. Seega on näha, et lehmade prakeerimine on tõusnud märgatavalt - kui 2014. aasta prakeerimise määr oli 17,7%, siis 2015. aastal oli see juba 32,9%. Ka Oudshoorn jt. (2012: 30) järgi tõuseb pärast robotsüsteemile üleminekut prakeerimisemäär üle 20%. Lehmade üldarvestuses see siiski negatiivselt ei kajastunud (joonis 13).



**Joonis 13.** OÜ Lõunapiim lüpsilehmade arv perioodil oktoober 2014 - september 2015

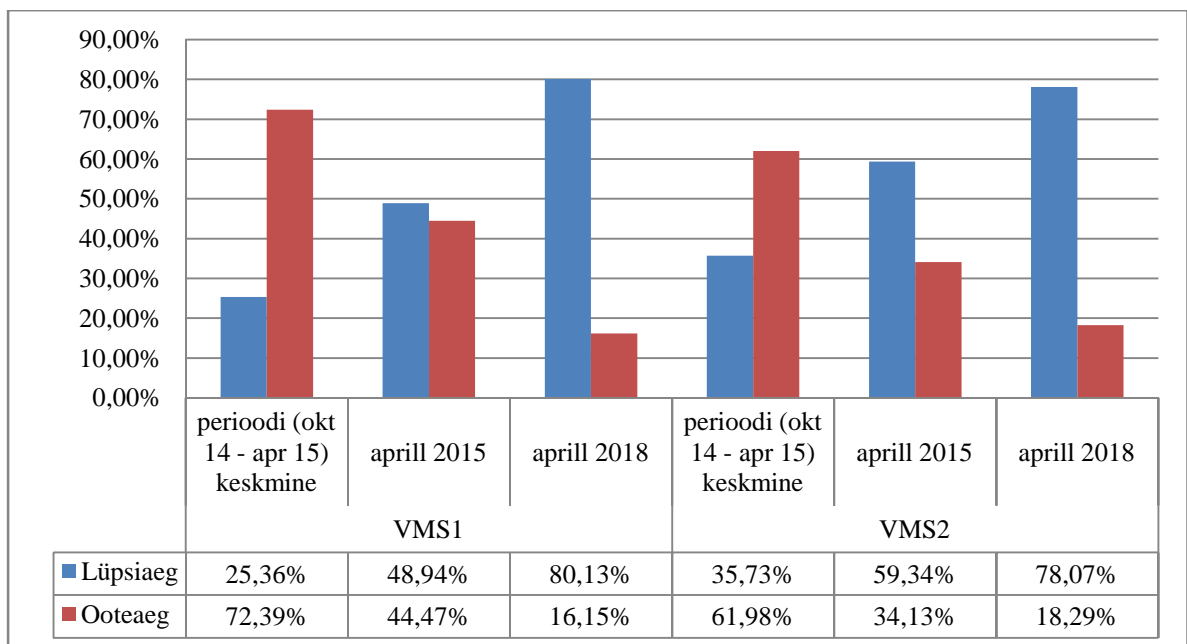
Jooniselt 13 on näha, et perioodil november 2014 kuni aprill 2015 on lehmade arv tõusnud. OÜ Lõunapiim uusi lüpsilehmi juurde ei ostnud. Lehmade arvu tõus saavutati piisva arvu noorloomadega, kes 2014-2015 esmakordselt poegisid ning sellel perioodil lüpsile tulid.

## 2.6. Robotlüpsisüsteemi tootlikkus

### 2.6.1. Robotlüpsisüsteemi hõivatus ja lüpsikordade arv

Kuna robotlüpsisüsteemid on kallid, peab tagama nende võimalikult efektiivse kasutamise. Automaatse lüpsisüsteemi hõivatuse määr näitab kui suure osa päevast on süsteem hõivatud lüpsimisega.

Robotlüpsisüsteemi perioodi oktoober 2014 kuni aprill 2015 (joonis 14) keskmise näitaja võrdlemisel 2015. aasta aprilli keskmisega, on näha hõivatuse suurenemist. VMS1-l on lüpsiga hõivatud aeg suurenenud 25,36%-lt 48,94%-ni ning VMS2 35,73%-lt 59,34%-ni. Aastaks 2018 on hõivatuse määr tõusnud juba 80%-ni.



**Joonis 14.** OÜ Lõunapiim Keskuse lauda robotsüsteemi robotite VMS1 ja VMS2 hõivatus

Aprillis 2015 tegi VMS1 päevas keskmiselt 92 lüpsi ning VMS2 127 lüpsi. 2018. aasta aprillis on see number tõusnud 145-ni. See teeb lüpsiroboti tööjõudluseks 2015. aastal 4-5 lehma tunnis, 2018. aastal 6 lehma tunnis. Erinevate uuringute järgi (Jacobs jt 2012: 2186; Laurs jt 2009: 41) peaks lüpsisüsteem olema tühi ehk ootel 10-19% ajast. OÜ Lõunapiimas on aga ooteaeg olnud 34,13-44,47%. Seda aega peaks vähendama võimaliku miinimumini. Selleks tuleks suurendada loomade arvu ning viia robotsüsteemist ära kinnisloomad. Lehmade lüpsisageduse muutmisega saab ka robotlüpsisüsteemi hõivatust muuta. 2018. aastaks on robotlüpsisüsteemide ooteaeg vahemikus 16-18% ehk jõutud on soovitusliku tasemeni.

Üheks robotlüpsisüsteemile ülemineku põhjuseks oli võimalus lüpsisageduse muutmiseks ning läbi selle lehmade päevase piimatoodangu suurendamine. Lüpsisagedus on ööpäevane võimalik lüpsmiste arv lehma kohta. Iga lehmale saab lüpsiroboti programmis ära määrata sobivaima lüpsivahe pikkuse. Kui määratud kahe lüpsi vaheline aeg saab läbi, siis robotsüsteem laseb lehmal lüpsile. Need lehmad, kes pole õigel ajal lüpsile minna soovinud märgistatakse arvutis punasega, et lauda tööline teaks lehmal ajama minna.

Tavalüpsisüsteemiga laudas oli kaks lüpsi päevas - hommikune ja õhtune. Robotlüpsisüsteemiga laudas on päevane lüpside arv järjest suurenev. Kui oktoobris 2014 oli keskmine lüpside arv 2,21 lüpsi lehma kohta päevas, siis märtsiks 2015 oli see tõusnud 2,42 lüpsini päevas. Ka novembris oli kõrgem lüpside arv - 2,41 lüpsi päevas. Kuna torusselüpsisüsteemiga laudast toodud loomad ei harjunud vabatahtlikult lüpsirobotis käima, siis hakati neid sunniviisiliselt ajama ning roboti ja lüpsmisel saadava jõusöödaga harjutama. See tingiski harjutusperioodi kõrgema lüpside arvu lehma kohta.

Lüpsisagedusega 2,42 lüpsi päevas võib rahul olla, sest üleminekust torusselüpsisüsteemiga laudast oli märtsis 2015 möödunud ainult pool aastat, samas kui uuringute järgi on keskmine lüpsisagedus 2,1-2,9 korda päevas (Laurs jt 2009: 354; Laurs jt 2010: 105), Eestis 2,68 (Fadeeva 2012: 25).

Kuna lüpsisagedus on robotlüpsisüsteemiga laudas lehmadele programmis ära määratud, siis on seda ka lihtne muuta. Muutmise põhjuseks võib olla näiteks laktatsioonifaas - kui piimatoodang on kõrgem, saab määrata suurema lüpsisageduse, laktatsiooni lõpus kui lehm hakkab kinnijääma, saab lüpsisagedust vähendada. Torusselüpsiga laudas kirjutati kõik vajalik lüpsiinfo looma juures olevale tahvlile. Kuna kinnijäänud lehmade viibimine

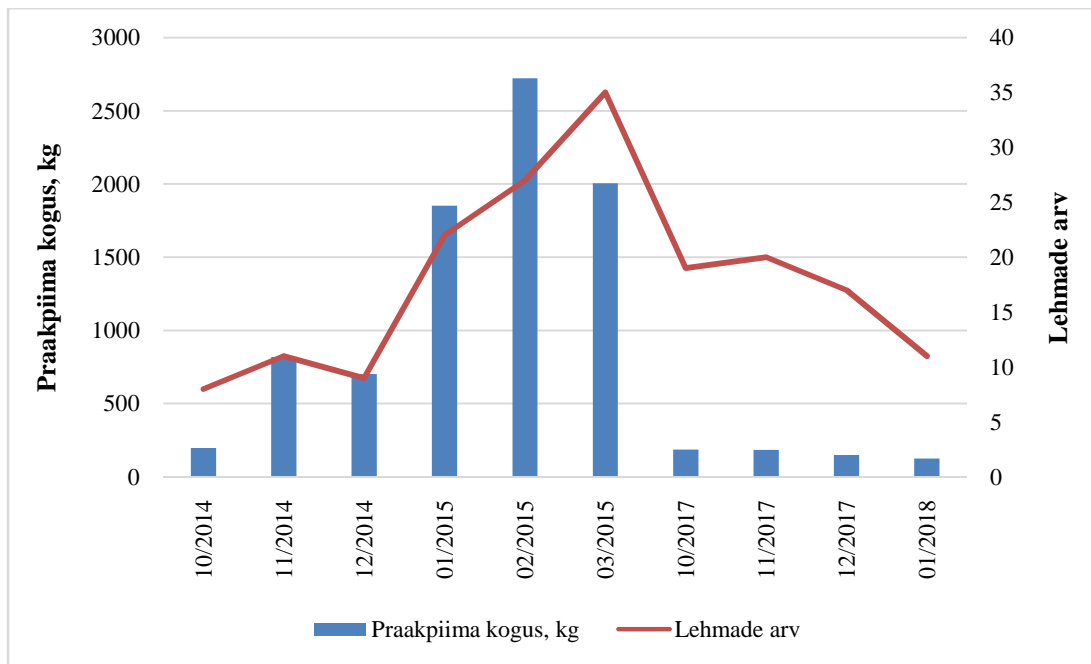
lüksigrupis aeglustab torusselüksi, paigutati sellised loomad eraldi. Robotlüksisüsteemiga laudas võivad sellised lehmad olla vaba ruumi olemasolul laudas, kuid robotsüsteem suunab neid väravate kaasabil lüksi ootealast eemale.

Winnicki jt uuringus 2010. aastal leiti, et lüksisageduse tõustes tõusis ka toodang. Võttes aluseks robotlüksisüsteemiga lauda lehmade aprillis 2015 olnud päevatoodangud ning lüksisagedused (lisa 9), sai tõestatud et lüksisagedusel on statistiliselt oluline mõju lehma piimatoodangule,  $p=0,000$ . Korrelatsioonikordaja 0,488 (lisa 10) näitab, et lüksisageduse tõustes piimatoodang suureneb, kuigi korrelatsioon pole kuigi tugev.

### **2.6.2. Prakeeritud piim ja loomade raviga seotud kulud**

Robotlüksisüsteem otsustab piima näitajate alusel piima kõlblikkuse üle piima piimatanki laskmiseks. Kuna süsteem on automaatne, siis on võimalik vaadata palju on praakpiima. Jooniselt 15 on näha, et esimese viie kuuga on praakpiima kogus järjest suurenenud. Põhjuseks on robotlüksisüsteemiga laudas peetavate loomade arvu suurenemine ning kindlasti ka suurenenud haigestumine, mida kinnitas ka somaatiliste rakkude kõrgem arv. Märtsis 2015. a. on näha praakpiima koguse vähenemist, mis viitab, et loomad on harjunud ning samas karja ka enam massiliselt ei suurendatud. Võime öelda, et 2018. aastaks on praakpiima kogus stabiliseerunud olles ühes kuus 100 - 200 kg.

Kui vaadata praakpiima lüksnud loomade arvu (joonis 15), siis ka siin on näha tõusu.



Joonis 15. Praakpiima kogus ja praakpiima lüpsnud lehmade arv

Kuna märtsiks 2015 on haigete loomade arv tõusnud 35-ni, siis oli tegu suure probleemiga. Ühelt poolt jääb ettevõttel piima prakeerimisega seoses saamata tulu, sest praakpiima ei tohi realiseerida, teiselt poolt kaasnevad haigete loomade ravimisega kulud. Tabelis 4 on toodud lüpsisüsteemi vahetuse perioodil lüpsitud praakpiima koguste tõttu saamata jäänud tulu OÜ Lõunapiim. Kuna kolmel kuul 2015. aastal prakeeriti palju piima, siis on ka nende kuude eest saamata jäänud tulu suur – näiteks 2015. aasta märtsis 680.- eurot.

**Tabel 4.** OÜ Lõunapiim praakpiima arvelt saamata jäänud tulu perioodil oktoober 2014 - märts 2015

	Praakpiima kogus, kg	Piima hind, eur	Saamata jäänud tulu, eur
10/2014	196,21	0,260	51,01
11/2014	818,71	0,260	212,86
12/2014	701,72	0,260	182,45
01/2015	1851,7	0,255	472,18
02/2015	2722,51	0,250	680,63
03/2015	2005,39	0,265	531,43

Teisalt tehakse kulutusi loomade raviks. Bijl jt (2007: 245) järgi olid 2003. aastal Hollandis robotlüpsisüsteemiga lauda looma tervise kulud 100 kg piimatoodangu kohta 0,84 eurot, sellest 40% ehk 0,34 moodustavad ravimitele tehtud kulutused. Tabelist 5 on näha, et OÜ Lõunapiim on 100 kg piimatoodangu kohta kulutanud ravimitele 0,21 - 0,32 eurot.



**Tabel 5.** OÜ Lõunapiim loomade ravimitele tehtud kulutused aastatel 2014 - 2017

	2014	2015	2016	2017
Ravimi kulu	5020,4	4537,73	2415,6	1850,24
Lehmade arv	282	276	116	138
Piimatoodang, kg	1791308	1613908	755032	901163
Ravimi kulu lehma kohta, €	17,80	16,44	20,82	13,41
Ravimikulu 100 kg piima kohta, €	0,28	0,28	0,32	0,21

Rohke praakpiima kõrvalejuhtimise jätkumisel tuleks kindlasti üle kontrollida nii loomad kui ka arvutiprogrammi seadistused, et kõrvale juhitaks ainult kõlmatu piim.

### 2.6.3. Kulud süsteemi hooldamisel

OÜ-l Lõunapiim läks Keskuse lauda renoveerimine, koos kahe DeLvali lüpsirobotiga – VMS1 ja VMS2, maksma 800 000 eurot. Kuigi sellest 330 000 eurot tuli PRIA toetusena, pidi ettevõtte ise suurema osa rahast leidma ning selleks ajaks teised suuremad investeeringud kõrvale jätma.

OÜ Lõunapiim kuulus nii vana torusselüpsisüsteem kui ka uus robotlüpsisüsteem ühe hooldusfirma haldamise alla. Seega oli perioodil kui töötasid mõlemad laudad, ühised arved ning kahe lauda kulusid eraldada pole võimalik. Kui vaadata 2014. aastat (tabel 6), siis sel perioodil on lüpsisüsteemi hoolduse kulu ühe kg piima kohta kõige suurem ehk 0,014 eurot.

**Tabel 6.** OÜ Lõunapiim lüpsisüsteemidele hoolduse ja remondi kulu aastatel 2014-2017.

Aasta	Lüpsisüsteemide hooldus, remont	Piimatoodang, kg	Kulu 1 kg piima kohta	Lüpsilehmade arv	Kulu 1 lüpsilehma kohta
2014	25253,65	1791308	0,014	282	89,55
2015	18320,25	1613908	0,011	276	66,38
2016	6855,08	755032	0,009	116	59,10
2017	8986,81	901163	0,010	138	65,12

Süsteemi hoolduse kulu ühe lüpsilehma kohta samal perioodil oli 89,55 eurot. See oli aeg kui enamus aastast oli torusselüpsisüsteemiga laut lüpsilehmi täis, aga süsteem ise vana ja sageli remonti vajav. Kuigi ka uue lauda korraliste hoolduste ja aeg-ajalt tekkivate remontide kulud on suured, on need kokkuvõttes väiksemad kui olid amortiseerunud lauda torusselüpsisüsteemi tööshoidmise kulud. 2017. aastal on aga näha robotlüpsisüsteemiga laudas tendentsi kulude suurenemise suunas.

Robotlüpsisüsteemile ülemineku üks põhjustest oli ka vajaliku tööjõu kättesaadavuse probleem. Seda on peamise ülemineku põhjusena märgitud ka erinevates uuringustes (Holloway jt 2014: 133; Hovinen, Pyörälä 2011: 547; Hyde jt 2007: 369; Oudshoorn jt 2012: 25). Tänapäeval ei soovita enam teha füüsiliselt rasket tööd. Ka ei sobi paljudele inimestele lüpsmiste töögraafik ehk varahommikused ja hilisõhtused tööajad. Kui torusselüpsisüsteemiga laudas oli korraga tööl nelja grupi lehmade jaoks neli lüpsjat ning lüpside vahelisel ajal valves olevad töötajad (päeva- ja öövalve), siis robotsüsteemiga laudas on tööl ainult üks töötaja kahe grupi lehmade jaoks, kes õpetab uusi loomi välja, jälgib karja ning lehmade inda, koristab, hooldab lüpsisüsteemi, talitab vasikaid ja kinnislehmi ning teeb muid laudaga seotuid töid. Üleminekuperioodil oli vahel abiks ka lisatööline, sest lehmad ning nende nisade asukohtad pidi masinale selgeks "õpetama". Robotlüpsisüsteemi on võimalik panna ka automaatselt uusi loomi tuvastama ning nisasid leidma, kuid OÜ Lõunapiimas otsustati tuvastamine teha käsitsi, et kõik nidad saaksid korraga õigesti tuvastatud. Abitööline aitas ka lehmi robotlüpsisüsteemi ajada. Söödetakse mõlemas laudas traktoriga, kuid robotsüsteemiga lauda eelis on, et pole vaja sööta loomadele ette lükata, mis oli tavalaudas päevavalve ülesanne. Selle töö teeb ära automaatne sööda ettelükkaja. OÜ Lõunapiim tööjõukulud on toodud tabelis 7.

**Tabel 7.** OÜ Lõunapiim tööjõukulu aastatel 2014-2017

	Töötajate arv	Müügitulu töötaja kohta, eurot/aastas	Müügitulu tööjõukulude kohta eurot	Piimatoodang töötaja kohta, eurot/aastas	Tööjõukulu lehma kohta, eurot
2014	22	35491	3,93	81423	704,61
2015	21	24587	2,71	76853	690,55
2016	10	33494	3,81	75503	758,97
2017	9	53421	...	100129	...

Märkus: Tähis "..." tähendab, et näitaja pole kättesaadav.

Tabelist on näha, et töötajate arv on vähenenud poole võrra 22-lt 9-le. Samas müügitulu ühe töötaja kohta ei ole tõusnud, vaid langenud. Selle põhjuseks on 2016. aastal toimunud ühe lauda sulgemine ning töötajate koondamine.

Tabelis on toodud ka tööjõukulu lehma kohta. OÜ Lõunapiimaga ligilähedase tulemuse on saanud ka Saaliste (2014: 23) OÜ Haage Agro analüüsid. Selles ettevõttes oli 2013. aastal 280 lüpsilehma ning tööjõukulu lehma kohta oli 700 eurot. Nigula Piim OÜ 2008-2014 aastate keskmised tööjõukulud lehma kohta olid 701,76 eurot ning FADN piimatootmisettevõtetel oli see keskmiselt 821,95 eurot (Saarma 2015: 36).

Aastate 2014-2017 suhtelised muutused on järgmised: töötajate arv vähenes 2017. aastaks võrreldes 2014. aastaga 59%, ettevõtte piima kogutoodang vähenes 50%, lehmade arv langes 51%; piimatoodang töötaja kohta tõusis 22%, müügitulu ühe töötaja kohta tõusis 50%. 2017. aasta andmete alusel (tabel 7) võib näha piimatoodangu koguse ja müügitulu kasvu töötaja kohta, võrreldes eelnenud 2016. aastaga ning ülemineku eelse 2014. aastaga. Üleminekuperiood on seega osutunud küllaltki pikaks ning töötajate arvu korrigeerimine on toimunud järk-järgult.

Kirjanduses väljatoodud andmete põhjal on robotlüpsisüsteemiga laudas suuremad kulud veele ja elektrile. Veekulu OÜ Lõunapiima puhul eraldi välja arvutada ei saa, kuna mõlema lauda juures on ka teised laudad, näiteks noorkarjalaut ning veearvestid on ühised. Elektrikulu on toodud tabelis 8. Kuna elektri hind on väga muutuv ning sõltub ka valitavast eletripaketist, siis üldsumma järgi midagi otsustada on raske. Kui aga vaadata elektrikulu ühe kilogrammi piima või ühe lüpsilehma kohta, on selgelt näha, et kulu suureneb. Kõige suurem on vahe on aastate 2014 ja 2015 vahel ehk need aastad kui toimus üleminek ning töötasid mõlemad laudad korraga.

**Tabel 8.** OÜ Lõunapiim elektrikulu aastatel 2014-2017

Aasta	Elektri-kulu	Piimatoodang, kg	Kulu 1 kg piima kohta	Lüpsilehmade arv	Kulu lüpsilehma kohta
2014	25187,94	1791308	0,014	282	89,32
2015	29145,82	1613908	0,018	276	105,60
2016	11750,74	755032	0,016	116	101,30
2017	15380,91	901163	0,017	138	111,46

Kirjanduses on mainitud, et elektrikulu on 1,58 eurot 100 kg piima kohta (Steenefeld jt 2012: 7395). 2017. aastal oli Lõunapiim OÜ 100 kg piima elektrikuluks 1,7 eurot. Saaliste (2014: 23) OÜ Haage Agro põhjal tehtud töös oli elektrikulu lehma kohta 2013. aastal 93 eurot. OÜ Lõunapiimal oli 2014. aastal 89,32 eurot.

Robotlüpsisüsteemi tasuvust on raske hinnata. Euroopas puuduvad kogemused kui ruttu see süsteem amortiseerub. Mahetootjal on raske või isegi võimatu saada ka soovituslikku 8 000 kg piimatoodangut lehma kohta aastas ning ühes robotlüpsisüsteemis peaks olema vähemalt 60 lehma (Winnicki jt 2010: 85). 2018. aastaks on OÜ Lõunapiim lüpsirobotite keskmine päevatoodang VM1-l 1 562,64 kg ning VM2-l 1 462,94 kg, see teeb aastaseks toodanguks vastavalt 570 364 kg ja 533 973 kg. Vastavalt Castro jt (2012: 931), Andre jt (2010: 943), Bijl jt (2007: 242) oli lüpsiroboti aastane keskmine toodang vahemikus 494 442 - 657 000 kg. OÜ Lõunapiim jääb oma toodanguga selle vahemiku keskele.

#### **2.6.4. Koondülevaade töö tulemustest**

Tabelis 9 on toodud kokkuvõtlik ülevaade töös käsitletud näitajatest OÜ-s Lõunapiim torusselüpsi perioodil, robotlüpsitehnoloogiale ülemineku ajal ning kolm aastat pärast robotlüpsitehnoloogiale üleminekut. Seisuga, kuhu OÜ Lõunapiim on 2018. aasta alguseks jõudnud, võib rahul olla.

Päevane piimatoodang lehma kohta on tõusnud. Sellega kaasnev piima valgu- ja rasvasisaldus on langenud, mis oligi oodatav. Somaatiliste rakkude ja karbamiidi sisaldus on langenud, mis näitab, et karjas peetavad lehmad on terved. Kuna ettevõttel on kaks lüpsirobotit, siis praegune lehmade arv on seadmete hõivatust (79%) hinnates sobiv. Lüpsisagedus on küll 2018. aasta alguse seisuga vähenenud, kuid selle põhjus on, et töö koostamise ajal on 20% lehmadest (27 looma) laktatsiooni lõppjärgus ning seoses sellega on nende lehmade kahe lüpsi vahelist pikkust suurendatud.

**Tabel 9.** OÜ Lõunapiim näitajad torusselüpsil, robotlüksisüsteemile ülemineku perioodil ja ülemineku järgselt

	Torusselüpsi periood	Robotlüksisüsteemile ülemineku periood	Üleminekust kolm aastat hiljem
Keskmine piimatoodang, kg päevas	22,22	16,88	26,45
Piima rasvasisaldus, %	4,224	4,387	4,19
Piima valgusisaldus, %	3,26	3,43	3,3
Somaatiliste rakkude arv piimas	141000	326000	187000
Piima karbamiidi sisaldus	338	391	275
Keskmine lehmade arv	282	276	138
Keskmine lüpside arv päevas	2	2,4	2,3
Lüpsiroboti hõivatuse määr, %	X	31	79
Müügitulu lehma kohta, eurot	2768,77	1870,72	3483,97
Tööjõukulu lehma kohta, eurot	704,61	690,55	X
Ravimikulu lehma kohta, eurot	17,8	16,44	13,41
Elektrikulu lehma kohta, eurot	89,32	105,6	111,46

Märkused: Tähis "X" tähendab, et näitajat ei eksisteeri.

Müügitulu lehma kohta on suurenenud nii produktiivsuse kasvu tõttu, kuid ka piima hinna kasvu mõjul. Erinevates kirjandusallikates (Steenefeld jt 2012: 7391; Fadeeva 2012: 42; Oudshoorn jt 2012: 31; Bijl jt 2007: 239) välja toodud tööjõukulude kokkuhoidu perioodi 2014. – 2016. aasta andmetest ei ole näha, kuid vahepeal jätkunud töötajate koondamine muudab kulusid märgatavalt. 2017. aasta tööjõukulud pole koondandmete puudumise tõttu töö koostamise hetkel teada. Ravimikulude vähenemine kinnitab fakti, et loomade tervis pole robotlüksisüsteemile üleminekuga halvenenud. Elektrikulu on küll tõusnud, kuid see oli kirjandusallikatele (Bijl jt 2007: 239; Steenefeld jt 2012: 7395) tuginedes eeldatav tulemus.

## KOKKUVÕTE

Piimakarjakasvatusega tegelevate ettevõtete käekäiku on viimastel aastatel mõjutanud mitmed ebasoodsad arengud eksportturgudel, mille tulemusena on kujunenud keerulised majandusolud. Nii enne seda rasket perioodi kui ka tänasel päeval seisavad ettevõtted valikute ees, millist tootmistehnoloogiat valida. Käesolev magistritöö analüüsib robotlüksitehnoloogiale ülemineku mõjusid. Töö eesmärgiks oli välja selgitada kuidas mõjus karja keskmisele piimatoodangule ja valitud tootlikkusnäitajatele kahe lüksikorruga torusselüksilt üleminek robotlüksisüsteemile. Magistritöö andmed pärinevad ettevõttest OÜ Lõunapiim, kus oktoobris 2014 viidi esimesed lehmad torusselüksisüsteemiga laudast üle robotlüksisüsteemiga lauta. Analüüsiks kasutati 2014-2015 aasta andmeid ning võrdlusena 2017. aasta viimaste kuude ning 2018. aasta alguse andmeid. Täiendavad andmed saadi Eesti Põllumajandusloomade Jõudluskontrolli andmebaasist ning PRIA andmebaasist.

Analüüsitava ettevõtte puhul oli peamine põhjus üleminekuks torusselüksi süsteemilt automaatsele lüksisüsteemile asjaolu, et mahepõllumajanduslikult kasvatatavaid loomi ei tohtinud seadusemuudatusest tulenevalt enam lõas pidada. Kuna olemasolev laut oli lehmade vabapidamiseks sobimatu, otsustati renoveerida teine, selleks sobiv laut. Uue laudaga kaasnes ka võimalus toorpiima kohapeal pakendamiseks ja tarbijale müümiseks.

Renoveeritud lauta üleviidavate loomade valimisel selgus, et paljud neist ei sobi robotsüsteemiga lauta. Põhjused olid seotud nii rohkest liikumisest tulenevate jalgade probleemidega kui ka robotlüksiks sobimatute nisadega. Kuna esialgu jäi alles ka vana laut, siis sobimatud loomad jäeti sinna ning need lehmad pääsesid prakeerimisest. Piimatoodangu muutusi jälgides ilmnes, et üleminekuperioodil mõjus lauda ning lüksisüsteemi vahetus toodangutasemele negatiivselt. Robotsüsteemiga lauta viidud lehmade keskmine piimatoodangu langus oli 5,34 kg lehma kohta, mis vähendas ka OÜ Lõunapiim karja keskmist piimatoodangut.

Piima rasva- ja valgusisaldus on olulised näitajad, kuna piimatöötlejate poolt piimatootjale makstavat piima hinda korrigeeritakse rasva- ja valgusisalduse alusel. Kui rasva- ja

valgusisaldus on baastasemest suurem, saab ettevõtte piima müügist suuremat tulu. Madalamate väärtuste korral vähendatakse tootjale makstavat summat. Kuna OÜ Lõunapiimas üleviimisel piimatoodang langes, siis sellega kaasnes piima rasva- ja valgusisalduse tõus. Üleminekuperioodi lõpuks oli robotlüpsisüsteemiga laudas piimatoodang lehma kohta taastunud.

Teadasaamiseks, kuidas mõjus lüpsisüsteemi vahetus loomade tervisele, vaadeldi töös piima somaatiliste rakkude arvu ning karbamiidi sisaldust. Kõrge somaatiliste rakkude arv piimas annab märku looma haigestumisest udarapõletikku. Üleviimisele järgnevatel kuudel somaatiliste rakkude arv tõusis, kuid seejärel hakkas langema. Piima karbamiidi sisaldusele lüpsisüsteemi vahetus mõju ei avaldanud. Lauda vahetus suurendas udarapõletikku põdevate loomade arvu. Karjast prakeeriti ka palju lehmi erinevate traumade ja jäsemete haiguste tõttu.

Robotlüpsisüsteemi tööd uurides selgus üleminekuperioodil, et süsteem on liiga vähe hõivatud. Süsteemi hõivatuse määra saab tõsta karja suurendamise teel. Loomade kohandumisel on ka lüpsisagedus järjest suurenenud, jõudes 2015. aasta märtsis 2,4 lüpsini lehma kohta päevas.

Ettevõtte majandusnäitajad muutusid ümberkorralduste tõttu märkimisväärselt. Mahetootmiseks sobimatu vana laut suleti ning aja jooksul on vähenenud töötajate arv. Müügitulu lehma kohta on suurenenud, ning esialgu üleminekul kasvanud tööjõukulud karja keskmise lehma kohta vähenevad. Robotlüpsisüsteemile üleminekuga on vastavalt eeldatule kaasnenud kasv elektrikuludes, loomade tervist iseloomustavad ravimikulud lehma kohta on langenud.

Vaatamata uuele süsteemile üleminekuga kaasnenud keerulisele perioodile on ettevõtte tootmistulemusi parandanud ning lüpsisüsteemi vahetus ennast õigustanud.

## KASUTATUD KIRJANDUS

1. **Alver, J., Reinberg, L.** (2002). Juhtimisarvestus. Tallinn:Deebet. 438 lk.
2. **Andre, G., Berentsen, P.B.M., Engel, B., de Koning, C. J. A. M., Oude Lansink, A. G. J. M.** (2010). Increasing the revenues from automatic milking by using individual variation in milking characteristics. - *Journal of Dairy Science*, Vol 93, No 3, pp 942- 953.
3. **Belle, Z., Andre, G., Pompe, J. C. A. M.** (2012). Effect of automatic feeding of total mixed rations on the diurnal visiting pattern of dairy cows to an automatic milking system. - *Biosystems EngineeringIII*, pp 33-39.
4. **Bijl, R., Kooistra, S.R., Hogeveen, H.** (2007). The Profitability of Automatic Milking on Dutch Farms. - *Journal of Dairy Science*, Vol 90, No 1, pp 239-248.
5. **Brandt, M., Haeussermann, A., Hartung, E.** (2010). Invited review: Technical solutions for analysis of milk constituents and abnormal milk. - *Journal of Dairy Science*, Vol 93, No 2, pp 427-436.
6. **Castro, A., Pereira, J.M., Amiama, C., Bueno, J.** (2012). Estimating efficiency in automatic milking systems. - *Journal of Dairy Science*, Vol 95, No 2, pp 929- 936.
7. **Deming, J.A., Bergeron, R., Leslie, K.E., DeVries, T.J.** (2013). Associations of housing, management, milking activity, and standing and lying behaviour of dairy cows milked in automatic systems. - *Journal of Dairy Science*, Vol 96, No 1, pp 344-351.
8. **Dohmen, W., Neijenhuis, F., Hogeveen, H.** (2010). Relationship between udder health and hygiene on farms with an automatic milking system. - *Journal of Dairy Science*, Vol 93, No 9, pp 4019-4033.
9. **EPMÜ Loomakasvatusteaduste instituut** (2001). Piimanduse käsiraamat.
10. **Fadeeva, M.** (2012) Lehmade lüpsikiirus, udara tervis ja karjaspüsimine robotlüpsil. (Magistritöö). Eesti Maaülikooli Loomageneetika ja tõuaretuse osakond. Tartu.
11. **Holloway, L., Bear, C., Wilkinson, K.** (2014). Re-capturing bovine life: Robot-cow relationships, freedom and control in dairy farming. - *Journal of Rural Studies*, No 33, pp 131-140.
12. **Hovinen, M., Pyörälä, S.** (2011). Invited review: Udder health of dairy cows in automatic milking. - *Journal of Dairy Science*, Vol 94, No 2, pp 547-562.
13. **Hyde, J., Dunn, J.W., Steward, A., Hollabaugh, E.R.** (2007). Robots Don't Get Sick or Get Paid Overtime, but Are They a Profitable Option for Milking Cows? - *Review of Agricultural Economics*, Vol 29, No 1, pp 366-380.
14. **Innocente, N., Biasutti, M.** (2013). Automatic milking systems in the Protected Designation of Origin Montasio cheese production chain: Effects on milk and cheese quality. - *Journal of Dairy Science*, Vol 96, No 2, pp 740-751.
15. **Jacobs, J.A., Ananyeva, K., Siegfors, J.M.** (2012). Dairy cow behavior affects the availability of an automatic milking system. - *Journal of Dairy Science*, Vol 95, No 4, pp 2186-2194.



16. **Jacobs, J.A., Siegford, J.M.** (2012) Invited review: The impact of automatic milking systems on dairy cow management, behavior, health, and welfare. - *Journal of Dairy Science*, Vol 95, No 5, pp 2227-2247.
17. **Jacobs, J.A., Siegford, J.M.** (2012). Lactating dairy cows adapt quickly to being milked by an automatic milking system. - *Journal of Dairy Science*, Vol 95, No 3, pp 1575-1584.
18. **Jairus, T.** (2017). Pidamistingimuste mõju lüpsilehmade praakimisele. Eesti Maaülikooli Veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituut. Tartu.
19. **Janštova, B., Dračková, M., Dlesková, K., Cupakova, Š., Necisova, L., Navratilova, P., Vorlova, L.** (2011). Quality of raw milk from a farm with automatic milking system in the Czech Republic. - *Acta Vet. Brno*, Vol 80, pp 207 - 214.
20. **Kallas, K., Garmider-Laur, E.** (2001). Majandusarvestus & finantsjuhtimine. Tallinn: Atlex.150lk.
21. **Kalle, E.** (2007). Tootlikkuse kasvu juhtimine ettevõttes. Tallinn: Külim. 120 lk.
22. **Kamphuis, C., Mollenhorst, H., Feelders, A., Pietersma, D., Hogeveen, H.** (2010). Decision-tree induction to detect clinical mastitis with automatic milking. - *Computers and Electronics in Agriculture*, No 70, pp 60-68. k
23. **Kamphuis, C., Mollenhorst, H., Heesterbeek, J.A.P., Hogeveen, H.** (2010). Detection of clinical mastitis with sensor data from automatic milking systems is improved by using decision-tree induction. - *Journal of Dairy Science*, Vol 93, No 8, pp 3616-3627.
24. **Karu, S.** (2008) Kulude juhtimine ja arvestus tulemuslikkusele suunatud organisatsioonis. Tartu: Rafiko. 336 lk.
25. **Kiiman, H., Rinken, T., Kureoja, A.** (2010). Piima kvaliteedi parandamise võimalustest tootmisfarmides. - *Terve loom ja tervislik toit*, 2010, lk 28-31.
26. **Klopčič, M., Koops, W.J., Kuipers, A.** (2013). Technical note: A mathematical function to predict daily milk yield of dairy cows in relation to the interval between milkings. - *Journal of Dairy Science*, Vol 96, No 9, pp 6084-6090.
27. **Kruip, T.A., Morice, H., Robert, M., Ouweltjes, W.** (2002). Robotic Milking and Its Effect on Fertility and Cells Counts. - *Journal of Dairy Science*, Vol 85, No 10, pp 2576-2581.
28. **Larsen, M.K., Weisbjerg, M.R., Kristensen, C.B., Mortensen, G.** (2012). Short communication: Within-day variation in fatty acid composition of milk from cows in an automatic milking system. - *Journal of Dairy Science*, Vol 95, No 10, pp 5608-5611.
29. **Latvietis, J., Priekulis, J., Eihvalde, I.** (2008). Problems of cow feeding in robotic milking and loose handling conditions. - *Engineering for rural development*, Jelgava 29.-30.05.2008, pp. 270-274.
30. **Laurs, A., Priekulis, J.** (2009). Milking Capacity of Milking Robots. - *Biosystem Engineering and Environment*, pp 351 - 354.
31. **Laurs, A., Priekulis, J., Purins M.** (2010). Research in time between milking interval and variability of milking frequency using milking robots. - *Engineering for rural development*, Jelgava 27.-28.05.2010, pp 101-105.
32. **Laurs, A., Priekulis, J., Purins M.** (2009). Studies of operating parameters in milking robots. - *Engineering for rural development*, Jelgava 28.-29.05.2009, pp 38-42.

33. **Mering, K.** (2015) Robotlõpsitehnoloogia kasutuselevõtu mõju ettevõttele ja tootlikkusele Parduse talu näitel. (Bakalaureusetöö). Eesti Maaülikooli Majandus- ja sotsiaalinstituut. Tartu
34. **Mollenhorst, H., Rijkaart, L.J., Hogeveen, H.** (2012). Mastitis alert preferences of farmers milking with automatic milking systems. - *Journal of Dairy Science*, Vol 95, No 5, pp 2523-2530.
35. **Oudshoorn, F.W., Kristensen, T., van der Zijpp, A. J., de Boer, I. J. M.** (2012). Sustainability evaluation of automatic and conventional milking systems on organic dairy farms in Denmark. - *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, No 59, pp 25-33.
36. **Oudshoorn, F.W., Sørensen, C. A. G., de Boer, I. J. M.** (2011). Economic and environmental evaluation of three goal-vision based scenarios for organic dairy farming in Denmark. - *Agricultural Systems*, No 104, pp 315 - 325.
37. **Persitski, H.** (2006). Kattetulu arvestused taime- ja loomakasvatustes. Jäneda: Jäneda Õppe- ja Nõuandekeskus OÜ. 56 lk.
38. **Pihlapuu, M.** (2017). Praakimispõhjustest Eesti Holsteini ja Eesti Punast tõugu piimaveisekarjades. Eesti Maaülikooli Veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituut. Tartu.
39. PM1740: Piima- ja munatoodang maakonna järgi (kvartalid). - *Eesti Statistika andmebaas*. [WWW] <http://www.stat.ee> (01.05.2018).
40. **Poikalainen, V.** (2006). Piima tootmine. Tartu: Eesti Maaülikool Veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituut. 448 lk.
41. **Ringas, K.** (2014). Eesti piimatootmisettevõtete tootlikkus ja tehniline efektiivsus tulenevalt ettevõttes kasutatavast lõpsitehnoloogiast. (Magistritöö). Eesti Maaülikooli Majandus- ja sotsiaalinstituut. Tartu.
42. **Saaliste, H.** (2014). Piimatootmise tasuvus ja seda mõjutavad tegurid OÜ Haage Agro näitel. (Bakalaureusetöö). Eesti Maaülikooli Majandus- ja sotsiaalinstituut. Tartu.
43. **Saarma, M.** (2015). Piimatoodangut ja piima kvaliteeti mõjutavad tegurid Nigula Piim OÜ näitel aastatel 2008-2014. (Magistritöö). Eesti Maaülikooli Majandus- ja sotsiaalinstituut. Tartu.
44. **Steenefeld, W., Tauer L.W., Hogeveen, H., Oude Lansink A.G.J.M.** (2012). Comparing technical efficiency of farms with an automatic milking system and a conventional milking system. - *Journal of Dairy Science*, Vol 95, No 12, pp 7391-7398.
45. **Steenefeld, W., van der Gaag, L.C., Ouweltjes, W., Mollenhorst, H., Hogeveen, H.** (2010). Discriminating between true-positive and false-positive clinical mastitis alerts from automatic milking systems. - *Journal of Dairy Science*, Vol 93, No 6, pp 2559-2568.
46. **Wagenaar, J.-P., Klocke, P., Butler, G., Smolders, G., Nielsen, J.H., Canevar, A., Leifert, C.** (2011). Effect of production system, alternative treatments and calf rearing system on udder health in organic dairy cows. - *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, No 58, pp 157-162.
47. **Winnicki, S., Kolodziejczyk, T., Glowicka-Woloszyn, R., Myczko, A., Musielska B.** (2010). Behavior of cows and its consequences related to the use of milking robots. - *Engineering for rural development*, Jelgava 27.-28.05.2010, pp. 85-88.

**LISAD**

**Lisa 1. Lüpsirobotite iseloomustus  
(EPMÜ Piimanduse käsiraamat 2001)**

Valmistaja	Lely	Fullwood	DeLaval	Westfalia	Prolion	Gascoigne Melotte Zenith
Mark	Astronaut	Merlin	VMS	Leonardo	AMS- Liberty	
Põhimudel	Üks tandemboks, vasem- ja parempoolne kujundus			Kuni 4 tandemboksi, vasem- ja parempoolne kujundus		
Ruumi- vajadus LxBxH	4,4x3,8 x2,1	4,7x3,8x2,6	4,0x4,0x3, 0	9,25- 14,5x4,8x2, 6	9,0-15,0 x4,0x3,0	7,4-13,3 x3,9x3,0
Kanali vajadus	ei			jah		
Tööjõudlus	60 lehma			2 boksi - 80 lehma 3 boksi - 130 lehma 4 boksi - 170 lehma	2 boksi - 90 lehma 3 boksi - 120 lehma 4 boksi - 150 lehma	2 boksi - 95 lehma 3 boksi - 130 lehma 4 boksi - 160 lehma
Nisa- puhastus	2 vastupöörlevat rullharja		nisa- puhastus- kannus	pöörlev rullhari		nisa- kannudes
Nisaotsing	laser koordinaadid		laser+vide o	ultraheli		
Eellüps	eellüpsipiim eraldatakse		nisa- puhastus- kannus	eellüpsipiim eraldatakse		
Allapanek	nisakaupa			nisakaupa		
Altvõtt	nisakaupa			nisakaupa	nisakannud koos	
Piima elektri- juhtivus	nisakaupa eel- ja põhilüpsil	nisakaupa eellüpsil üldine põhilüpsil	nisakaupa eel- ja põhilüpsil	nisakaupa eel- ja põhilüpsil		
Puhastus	keevavee		ringlus	ringlus		keevavee
Vahe- loputus	võimalik iga lüpsi järel					

## Lisa 2. Piimatoodangu T-test

**Paired Samples Statistics**

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Kuremäe lauda piimakus	22,218	67	3,4188	,4177
	Keskuse lauda piimakus	16,878	67	5,1611	,6305

**Paired Samples Correlations**

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Kuremäe lauda piimakus	67	,172	,163
	Keskuse lauda piimakus			

**Paired Samples Test**

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	Kuremäe lauda piimakus - Keskuse lauda piimakus	5,3403	5,6787	,6938	3,9551	6,7254	7,698	66	,000

### Lisa 3. Piima rasvasisalduse t-test

**Paired Samples Statistics**

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Kuremäe lauda lehmade keskmine piima rasvasisaldus	4,224	67	,5877	,0718
	Keskuse lauda lehmade keskmine piima rasvasisaldus	4,387	67	,5452	,0666

**Paired Samples Correlations**

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Kuremäe lauda lehmade keskmine piima rasvasisaldus & Keskuse lauda lehmade keskmine piima rasvasisaldus	67	,358	,003

**Paired Samples Test**

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	Kuremäe lauda lehmade keskmine piima rasvasisaldus - Keskuse lauda lehmade keskmine piima rasvasisaldus	-,1636	,6428	,0785	-,3204	-,0068	-2,083	66	,041

**Lisa 4. Kuremäe lauda keskmise piimatoodangu ja piima rasvasisalduse korrelatsioon**

Correlations			Rasvasisaldus	Piimatoodang
Spearman's rho	Keskmine piima rasvasisaldus	Correlation Coefficient	1,000	-,524**
		Sig. (2-tailed)	.	,000
		N	67	67
	Keskmine piimatoodang	Correlation Coefficient	-,524**	1,000
		Sig. (2-tailed)	,000	.
		N	67	67

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

## Lisa 5. Piima valgusisalduse t-test

**Paired Samples Statistics**

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Kuremäe lauda keskmine piima valgusisaldus lehma kohta	3,2613	67	,35945	,04391
	Keskuse lauda keskmine piima valgusisaldus lehma kohta	3,4331	67	,39162	,04784

**Paired Samples Correlations**

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Kuremäe lauda keskmine piima valgusisaldus lehma kohta & Keskuse lauda keskmine piima valgusisaldus lehma kohta	67	,217	,077

**Paired Samples Test**

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
P Kuremäe lauda ai keskmine piima r valgusisaldus lehma 1 kohta - Keskuse lauda keskmine piima valgusisaldus lehma kohta	-,17179	,47053	,05748	-,28656	-,05702	-2,988	66	,004



**Lisa 6. Korrelatsioon Kuremäe lauda keskmise piimatoodangu ja piima valgusisalduse vahel**

Correlations			Kuremäe lauda keskmise piimatoodang lehma kohta	Kuremäe lauda keskmise piima valgusisaldus lehma kohta
Spearman's rho	Kuremäe lauda keskmise piimatoodang lehma kohta	Correlation	1,000	-,512**
		Coefficient		
		Sig. (2-tailed)		
		N		
	Kuremäe lauda keskmise piima valgusisaldus lehma kohta	Correlation	-,512**	1,000
		Coefficient		
		Sig. (2-tailed)		
		N		

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

## Lisa 7. Piima soomaatiliste rakkuse arvu t-test

**Paired Samples Statistics**

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Kuremäe lauda keskmine somaatiliste rakkude arv lehma kohta	141,0149	67	241,72051	29,53086
	Keskuse lauda keskmine somaatiliste rakkude arv lehma kohta	326,0149	67	622,13923	76,00640

**Paired Samples Correlations**

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Kuremäe lauda keskmine somaatiliste rakkude arv lehma kohta & Keskuse lauda keskmine soomaatiliste rakkude arv lehma kohta	67	,100	,419

**Paired Samples Test**

		Paired Differences					t	df	Sig. (2- tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	Kuremäe lauda keskmine somaatiliste rakkude arv lehma kohta - Keskuse lauda keskmine somaatiliste rakkude arv lehma kohta	-185,00000	644,43828	78,73067	-342,19085	-27,80915	-2,350	66	,022

## Lisa 8. Piima karbamiidi sisalduse t-test

**Paired Samples Statistics**

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Kuremäe lauda keskmine piima karbamiidi sisaldus	223,5075	67	40,42028	4,93812
	Keskuse lauda keskmine piima karbamiidi sisaldus	226,3284	67	44,02871	5,37896

**Paired Samples Correlations**

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Kuremäe lauda keskmine piima karbamiidi sisaldus & Keskuse lauda keskmine piima karbamiidi sisaldus	67	,361	,003

**Paired Samples Test**

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	Kuremäe lauda keskmine piima karbamiidi sisaldus - Keskuse lauda keskmine piima karbamiidi sisaldus	-2,82090	47,84347	5,84501	-14,49084	8,84904	-,483	66	,631

### Lisa 9. Piimatoodangu ning lüpsisageduse t-test

**Paired Samples Statistics**

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Keskuse lauda lehmade päevane piimatoodang aprillis	14,1209	93	5,42541	,56259
	Keskuse lauda lehmade päevane lüpside arv	2,4731	93	,80205	,08317

**Paired Samples Correlations**

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Keskuse lauda lehmade päevane piimatoodang aprillis & Keskuse lauda lehmade päevane lüpside arv	93	,449	,000

**Paired Samples Test**

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
			Std.	Std. Error	95% Confidence Interval of the Difference				
					Mean				Lower
Pair 1	Keskuse lauda lehmade päevane piimatoodang aprillis - Keskuse lauda lehmade päevane lüpside arv	11,64774	5,11607	,53051	10,59410	12,70138	21,956	92	,000

## Lisa 10. Piimatoodangu ja lüpsisageduse vaheline korrelatsioon

Correlations			Keskuse lauda lehmade päevane piimatoodang aprillis	Keskuse lauda lehmade päevane lüpside arv
Spearman's rho	Keskuse lauda lehmade	Correlation Coefficient	1,000	,488**
	päevane piimatoodang	Sig. (2-tailed)	.	,000
	aprillis	N	93	93
	Keskuse lauda lehmade	Correlation Coefficient	,488**	1,000
	päevane lüpside arv	Sig. (2-tailed)	,000	.
		N	93	93

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

**Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Mina, HELEN PUUSALU,

sünniaeg 24.11.1977,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda koostatud lõputöö OÜ Lõunapiim tootmistulemuste muutus robotlõpsitehnoloogiale üleminekul,  
(lõputöö pealkiri)

mille juhendaja on Katri Kall,

- 1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
- 1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
- 1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor\_\_\_\_\_

(allkiri)

Tartu, 10.05.2018

(kuupäev)

---

**Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Luban lõputöö kaitsmisele.

Katri Kall\_\_\_\_\_

10.05.2018

(juhendaja nimi ja allkiri) (kuupäev)